



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED M2M**  
**INTEGRANDO EL ROBOT RV2SDB Y EL ROBOTINO PLUS,**  
**QUE INCORPORE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO**  
**MEDIANTE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES"**

**Trabajo de titulación**

**Tipo:** DISPOSITIVO ELECTRÓNICO

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

**AUTORES:** SAMANTHA GENEVEVA SÁNCHEZ BASANTES

RODRIGO ISMAEL SANDOVAL PARRA

**DIRECTOR:** ING. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA

Riobamba - Ecuador

2018

©2018, Samantha Genoveva SánchezBasantes, Rodrigo Ismael Sandoval Parra.

Se autoriza la reproducción total parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**  
**INDUSTRIALES**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo Dispositivo Electrónico "Diseño e implementación de una red M2M integrando el Robot RV2SDB y el ROBOTINO PLUS, que incorpore un sistema de posicionamiento mediante procesamiento de imágenes", de responsabilidad de la señorita Samantha Genoveva SánchezBasantes y el señor Rodrigo Ismael Sandoval Parra, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dr. Julio Santillán C.  
**VICEDECANO DE LA FACULTAD  
DE INFORMÁTICA Y  
ELECTRÓNICA**

\_\_\_\_\_

Ing. Freddy Chávez V.  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

\_\_\_\_\_

Ing. Marco Viteri B.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

Ing. Fausto Cabrera A.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

Nosotros, SAMANTHA GENOVEVA SÁNCHEZ BASANTES y RODRIGO ISMAEL SANDOVAL PARRA somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Samantha Genoveva Sánchez Basantes

Rodrigo Ismael Sandoval Parra

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de titulación a mi abuela Norma, que me ha apoyado en este proceso y me ha brindado la motivación necesaria para trabajar con perseverancia y disciplina, a mi madre Soledad por saber escucharme, ayudarme a encontrar serenidad y seguir mi camino con convicción, mi novio Ángel por permitirme aprender a través de sus experiencias y ser un compañero extraordinario, y a Rodrigo mi amigo y colega en este trabajo de titulación por haber formado un equipo sobresaliente y nunca apartar la vista de nuestro objetivo.

Genoveva

Dedico este trabajo a mis padres Rodrigo y Piedad por su esmero y dedicación, por la forma en que han sabido educarme y formar mi carácter y porque son ellos quienes me han acompañado siempre hasta alcanzar este que es uno de los objetivos más grandes de mi vida. A mis hermanos Ariel y Benjamín por ser la razón principal de este logro, siendo ellos además la respuesta a cualquier sacrificio y proyecto que emprenda. A Samy por todo este tiempo de verdadera y fraterna amistad, por todos los momentos y lágrimas compartidas, por ser más que mi compañera, amiga y colega por ser mi hermana y la familia que adopté en este tiempo. Por último dedico el presente, a Aracely por su gran amor, por su paciencia y cariño en tiempos difíciles, por su gran corazón y por todo el apoyo que me ha brindado, por haberme permitido ser parte de su vida y por ser la parte más importante en la mía.

Rodrigo.

## TABLA DE CONTENIDO

|  |      |
|--|------|
| ÍNDICE DE TABLAS.....  | ix   |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                       | x    |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS.....                                      | xii  |
| ÍNDICE DE ANEXOS .....                                       | xiii |
| RESUMEN.....   | xiv  |
| ABSTRACT .....   | xv   |
| INTRODUCCIÓN .....   | 1    |
| CAPÍTULO I.....  | 7    |
| 1 MARCO TEORICO REFERENCIAL.....                             | 7    |
| 1.1 M2M.....   | 7    |
| 1.1.1 Definición de M2M.....                                 | 7    |
| 1.1.2 Elementos de M2M .....                                 | 7    |
| 1.1.3 Entornos M2M.....                                      | 8    |
| 1.1.4 Alcances y Beneficios .....                            | 8    |
| 1.2 GSM.....   | 9    |
| 1.2.1 Definición de GSM .....                                | 10   |
| 1.2.2 Arquitectura de la red .....                           | 10   |
| 1.2.3 Tarjeta SIM .....                                      | 11   |
| 1.2.4 Seguridad .....  | 11   |
| 1.3 Robotino® .....  | 12   |
| 1.3.1 Objetivos de enseñanza.....                            | 12   |
| 1.3.2 Datos técnicos .....                                   | 13   |
| 1.3.3 Estructura y accionamiento .....                       | 13   |
| 1.3.4 Módulo de cámara .....                                 | 15   |
| 1.3.5 Robotino® View .....                                   | 15   |
| 1.3.5.1 Bloques de función - lógica y matemática.....        | 16   |
| 1.3.5.2 Bloques de función - Procesamiento de imágenes. .... | 17   |

|                     |  |    |
|---------------------|--|----|
| 1.3.5.3             | <i>Bloques de función - Navegación</i>                                     | 17 |
| 1.3.5.4             | <i>Bloques de función - Sistema de Accionamiento, Imágenes y Odometria</i> | 18 |
| 1.3.5.5             | <i>Bloques de función - Conector y Ampliaciones E/S</i>                    | 19 |
| <b>1.4</b>          | <b>Robot RV2SDB</b>  | 19 |
| 1.4.1               | <i>Interpolación Lineal</i>  | 20 |
| 1.4.2               | <i>Descripción de puntos singulares</i>                                    | 21 |
| <b>1.5</b>          | <b>PLC</b>   | 22 |
| 1.5.1               | <i>Rievtech</i>  | 22 |
| 1.5.1.1             | <i>x-Messenger</i>   | 22 |
| 1.5.1.2             | <i>Software EasyScada</i>  | 23 |
| <b>1.6</b>          | <b>HMI</b>   | 24 |
| <b>CAPÍTULO II</b>  |  | 25 |
| <b>2</b>            | <b>MARCO METODOLOGICO</b>  | 25 |
| 2.1                 | <b>Introducción</b>  | 25 |
| 2.2                 | <b>Identificación del Área de Trabajo</b>                                  | 25 |
| 2.2.1               | <i>Adecuación dela Mesa de trabajo</i>                                     | 26 |
| 2.2.2               | <i>Montaje de Ampliación Robotino</i>                                      | 27 |
| 2.3                 | <b>Montaje de PLC's</b>  | 28 |
| 2.3.1               | <i>PLC Emisor</i>  | 29 |
| 2.3.2               | <i>PLC Receptor</i>  | 31 |
| 2.4                 | <b>Diseño de la red de comunicación GSM</b>                                | 32 |
| 2.4.1               | <i>Funcionamiento de la red</i>  | 36 |
| 2.5                 | <b>Programación de Robots</b>  | 42 |
| 2.5.1               | <i>Programación Robot Mitsubishi RV2SDB</i>                                | 42 |
| 2.5.2               | <i>Programación ROBOTINO PLUS</i>  | 45 |
| 2.5.2.1             | <i>Posicionamiento mediante procesamiento de imágenes</i>                  | 52 |
| 2.6                 | <b>Diseño y Programación de la HMI</b>                                     | 54 |
| 2.7                 | <b>Sistemas Adicionales de Monitoreo</b>                                   | 55 |
| <b>CAPÍTULO III</b> |  | 57 |

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| <b>3</b>     | <b>PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>   | <b>57</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>Introducción.....</b>   | <b>57</b> |
| <b>3.2</b>   | <b>Prueba de funcionamiento del sistema .....</b>  | <b>57</b> |
| <b>3.3</b>   | <b>Nivel de Automatización del Sistema.....</b>  | <b>58</b> |
| <b>3.4</b>   | <b>Prueba del Algoritmo de procesamiento de imágenes.....</b>                            | <b>62</b> |
| <b>3.4.1</b> | <i>Prueba del Algoritmo de procesamiento de imágenes sometido a luz natural. ....</i>    | <i>63</i> |
| <b>3.4.2</b> | <i>Prueba del Algoritmo de procesamiento de imágenes sometido a luz artificial. ....</i> | <i>64</i> |
| <b>3.4.3</b> | <i>Prueba de Funcionamiento según el nivel de batería del Robotino .....</i>             | <i>66</i> |
|              | <b>CONCLUSIONES.....</b>   | <b>67</b> |
|              | <b>RECOMENDACIONES.....</b>  | <b>68</b> |
|              | <b>BIBLIOGRAFIA</b>  |           |
|              | <b>ANEXOS</b>  |           |



## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1-1:</b> Datos técnicos del Robotino® .....   | 13 |
| <b>Tabla 2-1:</b> Especificaciones de las características del Módulo cámara en el Robotino® .....                            | 15 |
| <b>Tabla 3-1:</b> Librerías de bloques de funciones lógicas en Robotino® View.....   | 16 |
| <b>Tabla 4-1:</b> Librerías de bloques de funciones matemáticas en Robotino® View .....                                      | 16 |
| <b>Tabla 5-1:</b> Librerías de bloques de procesamiento de imágenes en Robotino® View .....                                  | 17 |
| <b>Tabla 6-1:</b> Librerías de bloques de Navegación en Robotino® View .....   | 17 |
| <b>Tabla 7-1:</b> Librerías de bloques de sistema de accionamiento, bloque cámara y bloque odometria en Robotino® View ..... | 18 |
| <b>Tabla 8-1:</b> Librería de bloques de conectores y ampliaciones de entradas y salidas en Robotino® View .....             | 19 |
|  |    |
| <b>Tabla. 1-2:</b> Descripción del diagrama de conexión del tablero de control.....  | 30 |
| <b>Tabla. 2-2:</b> Descripción del diagrama de conexión del PLC al ROBOTINO .....  | 32 |
| <b>Tabla. 3-2:</b> Posiciones de la ruta del Robot Mitsubishi RV2SDB .....   | 44 |
| <b>Tabla. 4-2:</b> Poses de ruta del ROBOTINO PLUS.....  | 49 |
| <b>Tabla. 5-2:</b> Descripción del bloque de seguidor de línea .....   | 52 |
|  |    |
| <b>Tabla, 1-3:</b> Número de pallets recogidos de cada bodega.....   | 57 |
| <b>Tabla, 2-3:</b> Número de pallets colocados en la entrada del Robot RV2SDB.....   | 57 |
| <b>Tabla, 3-2:</b> Número de pallets colocados en la salida del Robot RV2SDB .....   | 58 |
| <b>Tabla, 4-1:</b> Número de pallets colocados en la Salida de Sistema.....  | 58 |
| <b>Tabla, 5-3:</b> Frecuencias observadas del Sistema automático. ....   | 59 |
| <b>Tabla, 6-3:</b> Frecuencias esperadas del sistema automático.....   | 60 |
| <b>Tabla, 7-3:</b> Prueba CHI cuadrada de bondad de ajuste .....   | 62 |
| <b>Tabla, 8-3:</b> Porcentajes de error en el posicionamiento de Robotino con el algoritmosometido a luz natural .....       | 63 |
| <b>Tabla, 9-3:</b> Porcentajes de error del algoritmo sometido a luz natural .....   | 63 |
| <b>Tabla, 10-3:</b> Porcentajes de error en el posicionamiento de Robotino con el algoritmo sometido a luz artificial. ....  | 64 |
| <b>Tabla, 11-3:</b> Porcentajes de error del algoritmo sometido a luz artificial .....                                       | 65 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1-1:</b> Ubicación de sensores, cámara y motores en la carcasa del Robotino® .....              | 12 |
| <b>Figura 2-1:</b> Ubicacion de los conectores E/S en el puente de control de Robotino® .....             | 14 |
| <b>Figura 3-1:</b> Puertos de conexión VGA, USB, y Ethernet en Robotino® .....                            | 14 |
| <b>Figura 4-1:</b> Descripción de los ejes del Robot RV2SDB .....   | 20 |
| <b>Figura 5-1:</b> Ejemplo de interpolación lineal, Robot RV2SDB .....                                    | 20 |
| <b>Figura 6-1:</b> Descripción de un punto singular de un brazo robótico .....                            | 21 |
| <b>Figura 7-1:</b> Descripción de la estructura del CPU x-Messenger modelo EXM-12DC-DA-RT-<br>GWIFI ..... | 23 |
| <b>Figura 8-1:</b> Interfaz gráfica del software easyMonitor .....  | 23 |
| <br><b>Figura. 1-2:</b> Área de trabajo para el montaje de la red M2M .....                               | 26 |
| <b>Figura. 2-2:</b> Proceso de Adecuación de la mesa de trabajo .....                                     | 27 |
| <b>Figura. 3-2:</b> Montaje de Ampliación y adecuación de conexiones en Robotino .....                    | 28 |
| <b>Figura. 4-2:</b> Tablero de control del PLC emisor .....   | 29 |
| <b>Figura. 5-2:</b> Diagrama de conexión del tablero de control. ....                                     | 30 |
| <b>Figura. 6-2:</b> PLC receptor .....  | 31 |
| <b>Figura. 7-2:</b> Diagrama de conexión del PLC al ROBOTINO .....  | 32 |
| <b>Figura. 8-2:</b> Programa del PLC emisor .....   | 33 |
| <b>Figura. 9-2:</b> Programa del PLC receptor .....   | 33 |
| <b>Figura. 10-2:</b> Configuración del directorio telefónico .....  | 34 |
| <b>Figura. 11-2:</b> Configuración de mensajes del PLC emisor .....                                       | 35 |
| <b>Figura. 12-2:</b> Configuración de mensajes del PLC receptor .....                                     | 35 |
| <b>Figura. 13-2:</b> Robotino ubicado en posición HOME .....  | 36 |
| <b>Figura. 14-2:</b> Robot RV2SDB ubicado en la posición HOME .....                                       | 37 |
| <b>Figura. 15-2:</b> Bodegas del sistema con pallets .....  | 37 |
| <b>Figura. 16-2:</b> Rutas para recoger pallets vacíos .....  | 38 |
| <b>Figura. 17-2:</b> Ruta del Robotino hacia E/S del robot RV2SDB .....                                   | 39 |
| <b>Figura. 18-2:</b> Entradas y salidas del robot RV2SDB .....  | 39 |
| <b>Figura. 19-2:</b> Salida del sistema .....   | 40 |
| <b>Figura. 20-2:</b> Ruta de Robotino para dejar pallet en la salida del sistema .....                    | 41 |
| <b>Figura. 21-2:</b> Envío y recepción de mensajes de texto del sistema M2M .....                         | 42 |
| <b>Figura. 22-2:</b> Software RT Toolbox2 .....   | 43 |
| <b>Figura. 23-2:</b> Programacion en software RT Toolbox2 .....   | 45 |
| <b>Figura. 24-2:</b> Software Robotino© View 3.1.2 .....  | 48 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura. 25-2:</b> Subprograma base de alcance de Pose con Odometría .....                 | 50 |
| <b>Figura. 26-2:</b> Subprograma base - control del montacargas .....                        | 51 |
| <b>Figura. 27-2:</b> Programación del Algoritmo de Procesamiento de imágenes.....            | 53 |
| <b>Figura. 28-2:</b> Búsqueda de la gama de colores para la línea roja y procesamiento. .... | 54 |
| <b>Figura. 29-2:</b> Software easySCADA .....  | 54 |
| <b>Figura. 30-2:</b> Pantalla principal, HMI.....  | 55 |
| <b>Figura. 31-2:</b> Pantalla GSM, HMI .....   | 55 |
| <b>Figura. 32-2:</b> Robotino web Interface.....   | 56 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| <b>Gráfico 1-2:</b> Etapas del diseño e implementación de la red M2M.....                 | 25 |
| <b>Gráfico 2-2:</b> Funcionamiento del robot MITSUBISHI RV2SDB.....                       | 43 |
| <b>Gráfico 3-2:</b> Diagrama del funcionamiento del Robotino.....                         | 47 |
| <b>Gráfico. 1-3:</b> Nivel de automatización de los procesos, frecuencias observadas..... | 61 |
| <b>Gráfico. 2-3:</b> Nivel de automatización de los procesos, frecuencias esperadas.....  | 61 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo A:** Montaje del tablero de control

**Anexo B:** Instalación del Montacargas en el Robotino

**Anexo C:** Adecuación de la superficie de la mesa de trabajo

**Anexo D:** Programas de Funcionamiento del Robotino

## **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo de titulación es diseñar una red de comunicaciones M2M (machine to machine) bajo el protocolo de comunicación GSM dentro de la cual se han involucrado los robots RV2SDB y el Robotinoplus. La red comunica un tablero de control ubicado al costado de una mesa de trabajo, con un PLC conectado al load in bay del Robotino, este proceso se realiza mediante mensajes de texto, además de ser un tipo de comunicación unidireccional, desde el tablero hacia el Robotino, los mensajes de texto se envían siempre y cuando los sensores inductivos ubicados sobre las rampas incorporadas a la mesa de trabajo den una orden de sensado. El Robotino está encargado del transporte de los pallets desde las bodegas hacia la entrada del robot RV2SDB y desde la salida del robot RV2SDB hacia la salida del sistema, enmarcando estas rampas que hacen las veces de entradas, bodegas y salidas se encuentran unas cintas de color rojo, verde y negro mismas que sirven para que el Robotino ejecute el algoritmo de posicionamiento mediante procesamiento de imágenes, el robot RV2SDB se encarga de llenar de piezas los pallets, ejecutando una ruta programada y repetitiva, adicionalmente una HMI siempre se encuentra monitoreando las ocurrencias sobre el PLC de la mesa de trabajo, mientras tanto el servidor web del Robotino, monitorea las ocurrencias sobre el PLC instalado en el mismo, por último para dar movilidad a las rampas de entrada y salida del robot RV2SDB se hizo uso de un bloque de válvulas, mismas que al ser activadas centran la posición del pallet. En conclusión, el diseño, programación y ejecución del sistema M2M en el laboratorio de automatización industrial fue óptimo y se recomienda verificar la disponibilidad de los mensajes de texto para la correcta comunicación de la red y total funcionamiento.

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <MACHINE TO MACHINE>, <SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MÓVILES(GSM)>, <ROBOTINO PLUS>, <INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI)>, <ROBOT RV2SDB>

## ABSTRACT

The objective of this degree work is to design a network of communications M2M (machine to machine) under the GSM communication protocol in which the robots RV2SDB and Robotino plus have been involved. The network communicates a control panel located on the side of a work table, with a PLC connected to the load in bay of the Robotino, this process is done through text messages, as well as being a type of unidirectional communication, from the board to the Robotino, the text messages are sent as long as the inductive sensors located on the ramps incorporated to the work table give a sensing order. The Robotino is in charge of the transport of the pallets from the warehouses to the entrance of the RV2SDB robot and from the exit of the RV2SDB robot to the exit of the system, framing these ramps that act as entrances, warehouses and exits. There are ribbons colored in red, green and black that are used for the Robotino to execute the positioning algorithm through image processing, the RV2SDB robot takes care of filling the pallets with pieces, executing a programmed and repetitive route, additionally an HMI is always monitoring the occurrences on the PLC of the work table, meanwhile the web server of the Robotino monitors the occurrences on the PLC installed in it, finally to give mobility to the ramps of entry and exit of the RV2SDB robot, a block of valves was used, which, when activated, center the position of the pallet. In conclusion, the design, programming and execution of the M2M system in the industrial automation laboratory was optimal and it is recommended to verify the availability of text messages for the correct network communication and total operation.

**Keywords:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <MACHINE TO MACHINE>, <GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS (GSM)>, <ROBOTINO PLUS>, < HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)>, <ROBOT RV2SDB>

## INTRODUCCIÓN

Una solución Máquina aMáquina o M2M es posible ser implementada en prácticamente cualquier tipo de empresa, con ventajas principalmente notables en reducción de costes y optimización del servicio al cliente, para la implantación de este tipo de plataformas nos referimos a una tecnología relativamente reciente, a pesar de tener un avance bastante lento, su evolución tiene un futuro brillante.

Esta es una tecnología resultado de requerimientos militares como es la historia de varias otras, en este caso la necesidad de comunicación remota para la identificación de elementos amigos, enemigos y hacer posible la supervisión de la guía de un misil.

Estas aplicaciones militares fueron las que le darían vida a este concepto, durante la guerra fría, el avance de la tecnología logro satisfacer necesidades de estrategia militar, que después se convertirían en una herramienta en el campo industrial y comercial, transformándose en conocimiento para empresas dedicadas a diversas actividades (Wamtech 2017).

Por supuesto previo a la implantación de esta tecnología en una empresa, independientemente de la actividad que esta realice, es necesario hacer un análisis de requerimientos y factores considerables, el primero de ellos es tener objetivos claros y bien delimitados, como el fin de aprovechar la información que se va a obtener y como se la usará.

El siguiente factor importante para el diseño de una solución M2M es la cantidad de información que requiere cada departamento perteneciente a la empresa, en cuanto al proceso o al estado de una actividad, para que la aplicación de tecnología no se termine simplemente en la adquisición de datos, sino incorporar inteligencia en la transmisión de los mismos, definiendo prioridades y situaciones críticas (Henríquez, 2014, p.57).

Punto a considerar para la implementación de plataformas con tecnología M2M, encontramos en aspectos de legislación aplicada en el sitio geográfico de ubicación del proyecto, si bien es cierto, no se hará uso de la información explícita de un solo individuo, lo que se busca es la recolección de suficientes datos para poder diferenciar patrones de comportamiento, sin embargo, no se puede considerar una actividad o procedimiento legal en un lugar como en otro.



En el Ecuador tenemos como referencia el programa de Transporte Seguro, implementado por la Agencia Nacional de Tránsito, y coordinado con el sistema Integrado de Seguridad ECU 911, proyecto de conocimiento público, apoyado en una plataforma de tecnología M2M, para el monitoreo de audio y video de los usuarios dentro de transportes públicos y comerciales (Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador 2014).

En cuanto a este proyecto enfocado a la seguridad de los ciudadanos, es notable que el principal factor sea la constante vigilancia de los individuos en espacios públicos.

Es justo tocar un tema al que le merecen muchas opiniones diferentes y es la privacidad, el monitoreo es de conocimiento de la ciudadanía y funciona con total normalidad, es decir, sin infringir en la legislación, sin embargo, no existe una autorización de carácter personal de cada uno de los ciudadanos para ser vigilados y usar la información recolectada, independientemente del enfoque de dicho proyecto.

En base a esta apreciación podemos hacer referencia a este mismo tipo de proyectos en otros países o zonas, en donde no es permitido esta escala de vigilancia a un individuo, y así mismo mencionar países en los cuales existe vigilancia y monitoreo de ciudadanos en una escala significativamente superior a la que se maneja en nuestro país, en base a esto queda ratificar que se debe tener muy en cuenta el campo legislativo al implementar tecnología que solicite un intercambio de datos.

Las unidades de transporte incluidas en el proyecto cuentan con botones de auxilio, 1 dispositivo de rastreo satelital, 2 cámaras de video con capacidad de grabación infrarroja, sensores de apertura y cierre de puertas en caso del transporte público y 1 dispositivo para la reserva de energía de los componentes.

El dispositivo de rastreo satelital instalado transmite información sobre la ubicación georeferenciada y la velocidad del vehículo mientras este se encuentre encendido, en el caso de ocurrir cualquier tipo de emergencia la señal emitida por las unidades de transporte será receptada por el ECU 911 quien las monitoreará y enviará la respuesta de emergencia que corresponda (Servicio Integrado de Seguridad ECU 911 2014).

En el ámbito internacional existen varias empresas que ofrecen a sus clientes soluciones basadas en tecnología M2M, UST Global es una empresa conocida como TCP en Brasil y España y se presenta como TCPcorp en Estados Unidos, Suecia y Alemania, desde sus inicios es un

referente en lo relativo a la definición, automatización, optimización y mejora de procesos de negocios(UST Global 2017).

Existe la empresa, Rastreo Directo Satelital que también se encargada de brindar servicios con soporte en tecnología M2M, su actividad es el desarrollo de software y hardware, de una forma personalizada, dependiendo de la necesidad del cliente.

Entre los principales escenarios que destaca esta empresa, manejan el concepto de "Vending", que permite gestionar y optimizar los inventarios en existencia en base al consumo de mercadería, en otras palabras, se encarga de la reposición de esta mediante el monitoreo, este concepto puede ser puesto en práctica en Máquinas expendedoras, pudiendo tele controlar gestión y ajustes de la Máquina.

El área de lectura de contadores permite a la empresa tener una estadística pertinente de los requerimientos de personal en operaciones e incluso minimizar el cambio o despido del mismo, empezando desde la contratación justificada de estos para reducción de costos, y para el eficiente uso de recursos también se puede tener conocimiento de la demanda energética en tiempos reales(Rastreo Directo Satelital 2018).

Los servicios de localización hacen posible conocer la ubicación de un elemento, por ejemplo de un vehículo de transporte, la aplicación o función que se le dé al servicio depende del cliente o la empresa que lo implementara. Dando así esta tecnología innumerables posibilidades de desarrollo y aplicación, especialmente en el ámbito industrial y comercial.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Es posible diseñar e implementar una red M2M en el laboratorio de Automatización Industrial, el cual integre el proceso del robot RV2SDB y el ROBOTINO PLUS, que incorpore un sistema de posicionamiento mediante procesamiento de imágenes?

## **SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Es posible hacer un análisis de los requerimientos del sistema para el transporte de pallets?

¿Se puede integrar el ROBOTINO PLUS con el proceso que incluye al robot RV2SDB mediante un sistema de comunicación GSM?

¿Se puede usar procesos de automatización industrial para realizar un sistema M2M?

¿Es posible realizar un sistema de posicionamiento para el ROBOTINO PLUS, mediante procesamiento de imágenes?

¿Es posible diseñar e implementar un sistema de trayectorias para el ROBOTINO PLUS?

¿Es posible implementar una interfaz HMI para el monitoreo completo del sistema?

## **JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

A modo de resumen, el concepto de M2M se refiere a la capacidad entre dos Máquinas de intercambiar datos remotamente, entonces, en un proceso con Máquinas de por medio, se hace posible realizar el control y supervisión automático, mediante el intercambio de datos. Por ello encontramos un foco de aplicaciones M2M dentro de los campos de la telemetría y telecontrol, por supuesto a nivel industrial (H22-Soluciones 2017).

### **JUSTIFICACIÓN APLICATIVA**

Frente a la gran acogida de sistemas M2M en la industria, además, considerando el avance que suponen las comunicaciones inalámbricas en cuestiones de productividad y automatización industrial. Proponemos este proyecto con el fin de demostrar el enorme beneficio que supone incorporar una red M2M entre dos o más líneas de producción.

Este sistema será desarrollado en su totalidad en el laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El sistema M2M que se va a implementar, permitirá que el ROBOTINO PLUS sea capaz de transportar pallets, sobre una estación de trabajo, desde una entrada física llamada "bodega" hacia el robot RV2SDB el cual tendrá como tarea tomar el pallet y ubicarlo en su área de trabajo para llenar el pallet con piezas adecuadas para el mismo.

Una vez cumplida esta primera ruta, el ROBOTINO PLUS esperará en una posición central una señal, indicando la existencia de un pallet lleno de piezas en la salida física del robot RV2SDB llamado "Salida RV2SDB", para dirigirse a esta ubicación y tomar el elemento, posteriormente llevar el pallet con piezas a una salida física en la estación de trabajo, terminando así las rutas del proceso.

Cabe recalcar que al principio y al final de cada ruta en dicho proceso, el ROBOTINO PLUS se ubicará en el centro de la estación trabajo, como un punto "HOME", figurando este como punto de partida y de finalización.

Los elementos básicos que incorporaran el sistema M2M a implementar, serán los siguientes:

**Estación de trabajo:** en esta estación se construirá todo el sistema. Sobre la superficie de la estación se transportará el ROBOTINO PLUS, en el perímetro de la misma se encontrarán las entradas y salidas físicas de pallets, en donde se montarán los sensores pertinentes que permitan identificar la presencia o no de pallets.

A un lado de la estación principal se encontrará la estación de trabajo del robot RV2SDB.

**ROBOTINO PLUS y el proceso del robot RV2SDB:** estos serán los principales actuadores del sistema M2M. El ROBOTINO PLUS se encargará del transporte de los pallets según requiera el proceso, mientras que el robot RV2SDB se encargará del llenado de los pallets con las piezas adecuadas para el mismo.

**Un tablero de control:** recibirá las señales de los sensores incorporados a la estación de trabajo y enviará órdenes, mediante comunicación GSM, al ROBOTINO PLUS.

**Un sistema de recepción y ejecución de la información:** este sistema incorpora al ROBOTINO PLUS y su principal función es la de ejecutar y traducir las ordenes GSM que el tablero de control envíe, permitiendo al ROBOTINO PLUS identificar las rutas a seguir.

**Un sistema de posicionamiento mediante procesamiento de imágenes:** el ROBOTINO PLUS posee puertos USB, en los cuales tenemos la opción de conectar una cámara que permitirá visualizar y evaluar una Imagen con ayuda de un software de programación y control, optimizando así el transporte de los pallets.

Una HMI: esta interfaz hombre-máquina, permitirá el monitoreo de la red M2M implementada, permitiendo al operario verificar las señales, como ordenes entregadas y recibidas del sistema.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVOS GENERALES**

Diseñar e implementar una red M2M integrando el robot RV2SDB y el ROBOTINO PLUS, que incorpore un sistema de posicionamiento mediante procesamiento de imágenes

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Analizar los requerimientos del sistema para el transporte de pallets

Integrar el ROBOTINO PLUS con el proceso que incluye al robot RV2SDB mediante un Sistema de comunicación GSM

Utilizar procesos de automatización industrial para realizar un sistema M2M

Implementar un sistema de posicionamiento para el ROBOTINO PLUS mediante procesamiento de imágenes.

Diseñar e implementar el sistema de trayectorias del ROBOTINO PLUS

Diseñar una interfaz de monitoreo (HMI) para todo el sistema M2M propuesto.

## **CAPÍTULO I**

### **1 MARCO TEORICO REFERENCIAL**

#### **1.1 M2M**

Sus siglas significan Machine to Machine, o traducido al español Máquina a Máquina, una tecnología resultado de requerimientos militares como varias otras, en este caso la necesidad de comunicación remota para la identificación de elementos amigos o enemigos, además de hacer posible la supervisión de guía en un misil.

Estas aplicaciones militares son las que dieron vida a este concepto, durante la guerra fría, el avance de la tecnología logro satisfacer necesidades de estrategia militar, que después se convertirían en una herramienta para diversas empresas, transformándose en conocimiento aplicable en actividades de carácter industrial y comercial (Wamtech 2017).

Se aplicara dicha tecnología con un enfoque industrial para el desarrollo de este proyecto, así, podremos demostrar de forma experimental, los beneficios y oportunidades de aplicación en el área industrial, como líneas de producción.

##### ***1.1.1 Definición de M2M***

La tecnología M2M en inglés, "Machine to Machine" engloba un concepto de intercambio de datos entre dos Máquinas básicamente, con el fin de que exista la mínima intervención del operario, en otras palabras permite automatizar las comunicaciones entre dispositivos, así también dando opción a control, monitoreo, supervisión, y observación del intercambio de datos remotamente, desde otros equipos o dispositivos, todo esto, mediante una conexión inalámbrica o también por cable (Wamtech 2017)

##### ***1.1.2 Elementos de M2M***

Por supuesto previo a la implantación de esta tecnología en una empresa independientemente de la actividad que esta realice, o como por ejemplo en el desarrollo de este proyecto, a pesar de ser de tipo experimental, aplicado a un sistema de comunicación montado en un laboratorio, es

necesario hacer un análisis de requerimientos y factores considerables, el primero de ellos es tener objetivos claros y bien delimitados como el fin de aprovechar la información que se va a obtener y como se la va a usar.

El siguiente factor importante para el diseño de la solución M2M es la cantidad de información que requiere cada departamento perteneciente a la empresa o el operario que monitorea el proceso, para que la aplicación de tecnología no se termine simplemente en la adquisición de datos, sino incorporar inteligencia en la transmisión de los mismos, definiendo prioridades y situaciones críticas.

Punto a considerar para la implementación de plataformas con tecnología M2M, encontramos en aspectos de legislación aplicada en el sitio geográfico de ubicación del proyecto, si bien es cierto, no se hará uso de la información explícita de un solo individuo, lo que se busca es la recolección de suficientes datos para poder diferenciar patrones de comportamiento, sin embargo no se puede considerar una actividad o procedimiento legal en un lugar como en otro (Henríquez, 2014, p.57).

### ***1.1.3 Entornos M2M***

Los elementos necesarios dentro de un entorno M2M son los siguientes:

Máquinas: Los encargados del intercambio de datos, y de la gestión de la información son las Máquinas o dispositivos que se conectan entre ellos mediante esta tecnología, también proveen de información a un servidor de manera remota.

Servidor: El envío y recepción de la información es tarea de gestión del servidor, en este proyecto, contaremos con los servicios de una compañía de telefonía móvil, debido al tipo de protocolo de comunicación que se manejará.

Red: pueden ser estructuradas de forma inalámbrica o por medio de cables de conexión, en cualquiera de los casos, es el medio por el cual existe comunicación, y se transmiten los datos («Stars & cars : Mercedes Motorsport-Magazin» 1995)

### ***1.1.4 Alcances y Beneficios***

Con el preámbulo de que la tecnología del M2M nació a raíz de las necesidades de estrategia militar y con el tiempo se convirtió en conocimiento útil en el campo industrial como comercial,

se puede concluir fácilmente que los alcances de este son realmente extensos, además de ser aplicado en empresas prestadoras de servicios, desde la telefonía móvil hasta, empresas de transporte, los beneficios de los que vienen acompañados dependen en gran parte de la aplicación.

El monitoreo de un elemento, control remoto de Máquinas y procesos, capacidad de adquisición y transmisión de datos, sin excluir la gestión de los mismos, para un análisis de requerimientos, la que incluso puede ser ejecutada en tiempo real, le dan al desarrollador, infinitas opciones de uso, para el creador de una red M2M puede ser un reto elegir y estudiar los factores primordiales relacionados con un proyecto de este tipo, sin embargo es posible considerar que esta tecnología es aplicable en cualquier tipo de empresa, según sus requerimientos.

Los beneficios en cuanto a la transmisión de datos son innumerables, debido a la capacidad de gestión del sistema, ayudando a la reducción de costes, en cuanto a materia prima, existencias en inventario e incluso contratación de mano de obra pertinente y necesaria.

## **1.2 GSM**

El significado de sus siglas, traducido al español es sistema global para comunicación móvil, por supuesto hacen referencia a las palabras en Inglés Global System for Mobile communications sin embargo su desarrollo comenzó en Europa de las palabras Groupe Special Mobile escritas en francés.

En la actualidad es un estándar considerado básico en las comunicaciones de tipo móvil, en telefonía por supuesto, debido a su expansión acelerada, apoyados en la disponibilidad que presenta el GSM hemos decidido, usar este protocolo de comunicación inalámbrica en el desarrollo del sistema M2M, aunque el proyecto sea experimental, al tener un fácil acceso a este tipo de comunicación, es posible llevarlo a un ámbito industrial sin mayores cambios, principalmente de servicio de una empresa telefónica, independiente de la aplicación y el usuario.

Aunque tiene ciertas limitaciones técnicas, se ha mantenido como base para otros estándares más eficientes como el GPRS también llamado 2.5G, a pesar de la aparición de nueva tecnología, no se logra eliminar ésta completamente de las comunicaciones móviles (MASTER MAGAZINE 2016).



Es el mismo caso de las tecnologías 3G y 4G, que se han ido desarrollando sobre los sistemas ya existentes, debido a este particular, para los dispositivos que deseen tener conexión a más de una red, no es imposible, considerando de los equipos modernos tienen dualidad, la conexión se puede buscar con prioridad en un sistema 2G y de perder la cobertura, se busca una red 3G o 4G con una cobertura aceptable para hacer la conexión.(CCM Benchmark 2015)

En síntesis la mayoría teléfonos móviles, llamados dispositivos, permiten el uso de dos redes al mismo tiempo, dependiendo de la cobertura que ofrezca cada una de las redes, se establece la conexión.

Aunque esta principalmente destinado a la comunicación telefónica móvil, también permite el intercambio de datos entre dispositivos, siempre y cuando los canales de transmisión se encuentren disponibles para el envío y recepción (MASTER MAGAZINE 2016).

### ***1.2.1 Definición de GSM***

Es un estándar de comunicación, que incorpora satélites y antenas, para telefonía móvil, los dispositivos móviles aptos para funcionar con este tipo de comunicación, son los de segunda generación llamados 2g.

Roaming: es un concepto enfocado al uso mundial de la plataforma GSM, se debe al hecho de ser un sistema digital, con cobertura internacional, lo que lo hace aplicable en cualquier ubicación, además de fácil uso y conexión.

La plataforma GSM fue un gran adelanto de tecnología en lo que a comunicación telefónica se refiere, dando las personas la oportunidad de poseer un dispositivo móvil, con conexión internacional, y capacidad de transmisión de dato, librándolos de la obligación de un terminal fijo para acceder a la red (MASTER MAGAZINE 2016).

### ***1.2.2 Arquitectura de la red***

La arquitectura de una red GSM está definida por tres partes, una estación de usuario, una estación base y la interfaz de aire, la primera está compuesta por dos elementos que son los siguientes:

Dispositivo portátil: el cual utiliza el usuario en la mayoría de los casos se podría referir al teléfono móvil sin embargo es más acertado definirlo como un terminal móvil, el cual poseen un

código identificador internacional de equipos móviles resumido como IMEI, que es único y de uso personal.(CCM Benchmark 2015).

Módulo de identificación de abonado: es una pequeña tarjeta con un número único para cada usuario, llamada tarjeta SIM, que posee un código secreto de identificación denominado IMSI el cual es independiente del terminal móvil que tenga el usuario (Gonzalez Luna 2015).

La estación base o estación fija es el siguiente componente de la red, es la encargada de recibir la información y también proveer al usuario de la misma, esta base identifica al usuario por medio de su tarjeta SIM sin importancia alguna del terminal que use el usuario.

El medio por el cual se establece comunicación entre la estación fija y la estación móvil que es la del usuario, es la interfaz de aire, además soporta la transmisión de datos y lo hace a través de un vínculo de radio (Gonzalez Luna 2015)

### ***1.2.3 Tarjeta SIM***

Módulo de identificación de abonado o tarjeta SIM que posee un código de identificación denominado IMSI, el cual es independiente del terminal móvil que tenga el usuario, este código secreto es protegido a su vez por un código de cuatro dígitos denominado PIN (Gonzalez Luna 2015).

### ***1.2.4 Seguridad***

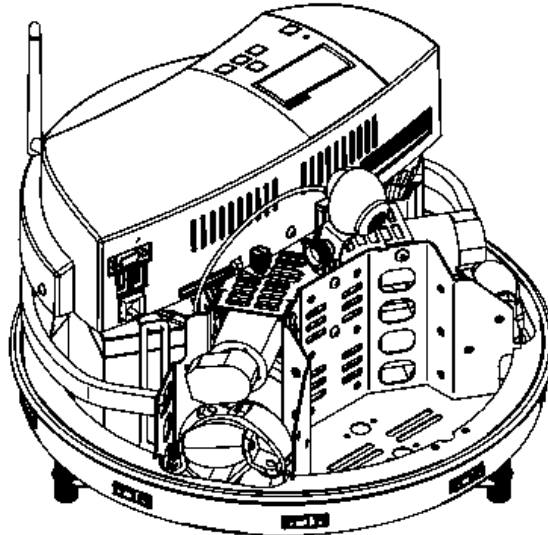
La seguridad en cuanto al terminal móvil que soporta la plataforma GSM, es un código identificador internacional de equipos móviles resumido como IMEI compuesto de 15 dígitos, que es único y de uso personal, sin embargo el código está ligado más a una seguridad física del terminal propiedad del usuario en caso de extravió para la localización o bloqueo del dispositivo (Gonzalez Luna 2015)

Por otro lado la seguridad de la tarjeta SIM depende de un código de identificación personal de cuatro dígitos PIN y además el código personal de desbloqueo llamado PUK.

Estos códigos protegen la información que contiene la tarjeta, como el mencionado IMSI que es la identificación internacional de abonados móviles, el operador que es el que provee el servicio, el estado de la tarjeta y el número del usuario, que es el que se usa para identificar la línea telefónica móvil(CCM Benchmark 2015).

### 1.3 Robotino®

Robotino® cuenta con un sistema de robot móvil, creado para el aprendizaje de automatización y actualización de tecnología de profesionales en estas áreas, además del uso como material didáctico para perfeccionar habilidades en estudiantes incluyendo la educación acerca de medidas de seguridad en la industria y la robótica (Bliesener et al. 2011).



**Figura 1-1: Ubicación de sensores, cámara y motores en la carcasa del Robotino®**

**Fuente:** (Bliesener et al. 2011).

#### 1.3.1 *Objetivos de enseñanza*

Los robots para la enseñanza deben cumplir ciertas características primero para que sean completamente didácticos y que sea posible explorar todas las opciones de tecnología familiarizándose fácilmente:

La tecnología del robot está a la vista y disposición de su manipulador programador, no tiene limitaciones de ejecución de tareas, así es posible que el estudiante conozca mejor la parte física y la pueda explorar, de la misma forma le da la opción de crear y darle innumerables aplicaciones, estudiando a profundidad su funcionamiento, para aplicarlo en la industria.

Al ser de un tipo didáctico una característica realmente importante es el uso de espacio, es por eso que la estructura del robot es lo más compacta posible, incluso por temas de facilidad de transporte. (Bliesener et al. 2011).

### 1.3.2 Datos técnicos

**Tabla 1-1:** Datos técnicos del Robotino®

| Parámetro               | Valor          |
|-------------------------|----------------|
| ALIMENTACIÓN DE TENSION | 24 V DC, 4.5 A |
| ENTRADAS DIGITALES      | 8              |
| SALIDAS DIGITALES       | 8              |
| ENTRADAS ANALÓGICAS     | 8 (0 - 10 V)   |
| SALIDAS POR RELÉ        | 2              |

**Fuente:** Weber, Bellenberg y Schwarzenberger 2010 (Robotino Manual. © Festo Didactic GmbH & 2010.no. 544305.)

Para su transporte seguro, posee azas metálicas recubiertas a los lados, para que no sea arrastrado en el transporte o causar daños en el chasis, está completamente equipado con sensores, tanto analógicos como digitales propios de la marca

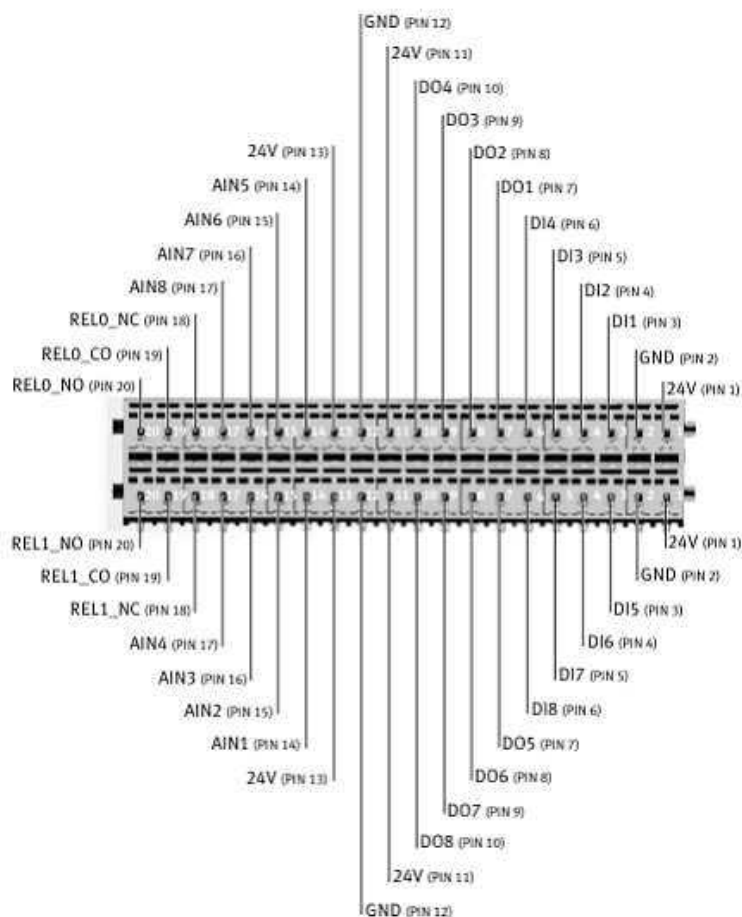
Cuentan con una fuente de energía propia, sensores para la detección y actuadores incorporados, además el sistema móvil tiene navegación orientación, y evasión de obstáculos también incorporados.

Es completamente programable, cuenta con una tarjeta compact flash y un sistema operativo linux, soporta lenguajes de programación Linux, C++ , Robotino® View, y herramientas como Matlab(Weber, Bellenberg y Schwarzenberger 2010).

### 1.3.3 Estructura y accionamiento

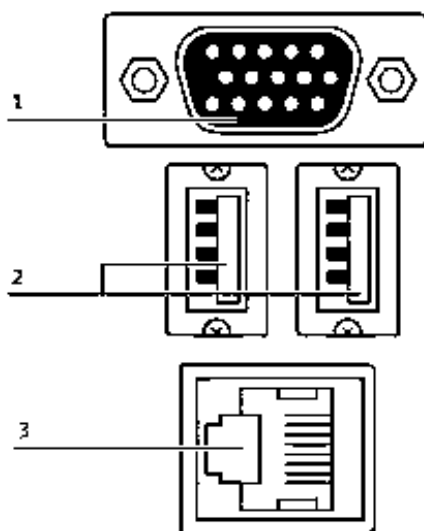
El Robotino® posee baterías recargables que se encuentran montados en su chasis, al igual que sus sensores de colisión y medición de distancia, también se puede montar una cámara conectada en el puente de mando, con espacio suficiente para adicionar sensores y para el montaje de otros elementos.

Para establecer o eliminar conexiones, el robot debe ser desconectado de su alimentación, además se usan tensiones hasta de 24 V en su unidad de control que cuenta con 8 entradas analógicas, 8 entradas digitales, 8 salidas digitales, 2 salidas de relé, como se aprecia en la figura 2-1, un zócalo conector VGA(1), 2 puertos USB (2) y una Interface Ethernet(3)(Weber, Bellenberg y Schwarzenberger 2010).



**Figura 2-1: Ubicación de los conectores E/S en el puente de control de Robotino®**

**Fuente:** Weber, Bellenberg y Schwarzenberger 2010 (Robotino Manual. © Festo Didactic GmbH &2010.no. 544305.)



**Figura 3-1: Puertos de conexión VGA, USB, y Ethernet en Robotino®**

**Fuente:** Weber, Bellenberg y Schwarzenberger 2010 (Robotino Manual. © Festo Didactic GmbH &2010.no. 544305.)

Su accionamiento depende de tres unidades, o motores DC independientes, que le dan un movimiento omnidireccional, ubicados a 120 grados uno del otro en el chasis, le dan libertad de movimientos adelante, atrás, hacia los lados, y la combinación entre estos, además de ser capaz de girar completamente en un punto, por supuesto integrando control de velocidad (Weber, Bellenberg y Schwarzenberger 2010)

#### 1.3.4 Módulo de cámara

Entre sus elementos, Robotino® cuenta con una cámara, la que da la posibilidad de visualizar imágenes directamente, mediante la conexión con su servidor web o software Robotino® View, dando paso a la capacidad de procesamiento de imágenes, y programación de órdenes al robot, dependientes al resultado del procesamiento, físicamente la cámara se ubica en el chasis con la libertad de ajustar altura, ángulo de posición y ángulo de inclinación (Weber, Bellenberg y Schwarzenberger 2010).

**Tabla 2-1:** Especificaciones de las características del Módulo cámara en el Robotino®

| <b>Especificaciones</b>            |   |
|------------------------------------|---|
| SENSOR DE IMÁGENES                 | Color VGA CMOS  |
| PROFUNDIDAD DEL COLOR              | 24 Bit Color verdadero  |
| CONEXIÓN A PC                      | USB 1.1   |
| RESOLUCIÓN DE VIDEO                | 160 x 120, 30 fps (SQCGA)<br>176 x 144, 30 fps (QCIF)<br>320 x 240, 30 fps (QVGA)<br>352 x 288, 30 fps (CIF)<br>640 x 480, 15 fps (VGA) |
| RESOLUCIÓN A IMAGEN PARADA         | 160 x 120 (SQCGA)<br>176 x 144 (QCIF)<br>320 x 240 (QVGA)<br>352 x 288 (CIF)<br>640 x 480 (VGA)<br>1024 x 768 (SVGA)                    |
| FORMATO DE CAPTURA A IMAGEN PARADA | BMP, JPG  |


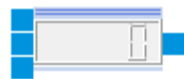
**Fuente:** Weber, Bellenberg y Schwarzenberger 2010 (Robotino Manual. © Festo Didactic GmbH & 2010.no. 544305.)

#### 1.3.5 Robotino® View

Es un software para crear programas destinados al mando y control del Robotino® , de forma interactiva, con una interface gráfica amigable e intuitiva, combina conceptos modernos para el manejo del robot por el usuario, teniendo a disposición librerías, ayudas, y programas muy básicos para la familiarización del programador, además de la visualización como GRAFCET de secuencias (© 2018 Festo 2018).




### 1.3.5.1 Bloques de función - lógica y matemática

**Tabla 3-1:** Librerías de bloques de funciones lógicas en Robotino® View

| Elemento             | descripción  | bloques   |
|----------------------|--|---|
| OPERACIONES LÓGICAS  | <p>Las operaciones lógicas comprenden 6 bloques.</p> <p>La mayoría, permiten al usuario elegir el número de entradas de tipo bool.</p> <p>Todos poseen una sola salida de tipo bool.</p> | <p>&amp; AND</p> <p>≥1 OR</p> <p>&amp;• NAND</p> <p>≥1• NOR</p> <p>=1 XOR</p> <p>1• NOT</p> |
| EJEMPLO              | Bloque and Robotino® View  |          |
| CONTADOR INCREMENTAL | <p>Incrementa el contador en 1 si la entrada t es falsa y en el momento t+1 es verdadera. (flanco ascendente)</p>  |          |

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018













**Tabla 4-1:** Librerías de bloques de funciones matemáticas en Robotino® View

| Elemento                   | descripción   | bloques  |
|----------------------------|---|--|
| OPERACIONES ARITMETICAS    | <p>Las operaciones matemáticas comprenden 5 bloques, permiten al usuario elegir el número de entradas de tipo float, y una sola salida tipo float</p> | <p>+ Suma</p> <p>÷ División</p> <p>% Módulo</p> <p>X Multiplicación</p> <p>- Resta</p>                                 |
| EJEMPLO                    | Bloque suma Robotino® View  |                                   |
| OPERACIONES DE COMPARACION | <p>Las operaciones matemáticas comprenden 6 bloques, con dos entradas de tipo float y una salida de tipo bool</p>                                     | <p>= Igualdad</p> <p>&gt; Mayor</p> <p>≥ Mayor o igual</p> <p>≠ Diferente</p> <p>&lt; Menor</p> <p>≤ Menor o igual</p> |
| EJEMPLO                    | Bloque mayor Robotino® View   |                                   |
| FUNCION DE TRANSFERENCIA   | <p>Con el diálogo del bloque de Función de transferencia es posible definir puntos de interpolación para la asignación y(x).</p>                      |                                   |

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

### 1.3.5.2 Bloques de función - Procesamiento de imágenes.










**Tabla 5-1:** Librerías de bloques de procesamiento de imágenes en Robotino® View

| Elemento                  | descripción  | bloques  |
|---------------------------|--|--|
| PROCESAMIENTO DE IMÁGENES | Los bloques de procesamiento de imágenes son 10 es posible visualizar las imágenes y ajustar parámetros de procesamiento mediante un cuadro de dialogo |  Detector de líneas<br> ROI<br> Información de la imagen<br> Conversión de espacio de color<br> Búsqueda de gamas de colores<br> Rastreador de segmentos<br> Filtro<br> Calibration<br> Marker detection<br> Marker position |
| EJEMPLO                   | Bloque de búsqueda de gamas de coloresRobotino® View   |    |
| CUADRO DE DIALOGO DE      | Incrementa el contador en 1 si la entrada t es falsa y en el momento t+1 es verdadera (flanco ascendente)  |   |

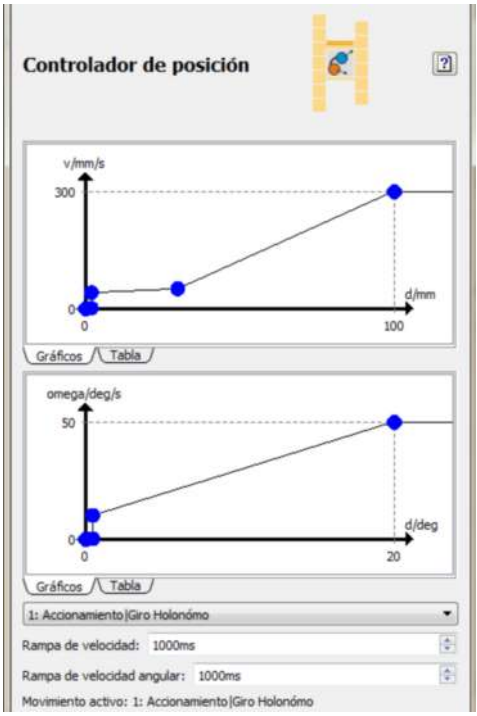
Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

### 1.3.5.3 Bloques de función - Navegación

**Tabla 6-1:** Librerías de bloques de Navegación en Robotino® View

| Elemento               | descripción  | bloques   |
|------------------------|--|---|
| LIBRERÍA DE NAVEGACIÓN | Comprende 8 bloques que permiten el control y visualización de movimientos, trayectorias, rutas y poses del robot. |  Controlador de posición<br> Controlador de ruta<br> Pose constante<br> Componer pose<br> Descomponer pose<br> Componer ruta<br> Descomponer ruta<br> Evasión de obstáculos |
| EJEMPLO                | Bloque controlador de posiciónRobotino® View   |    |












|                |    |  |
|----------------|----|--|
| CUADRO DIALOGO | DE | <p>Permite ajustar el tipo de movimiento que adopta el robot de una pose hacia otra además de la velocidad de desplazamiento y giro</p>  |
|----------------|----|--|

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

#### 1.3.5.4 Bloques de función - Sistema de Accionamiento, Imágenes y Odometría

**Tabla 7-1:** Librerías de bloques de sistema de accionamiento, bloque cámara y bloque odometría en Robotino® View














| Elemento                 | descripción   | bloques  |
|--------------------------|---|--|
| SISTEMA DE ACCIONAMIENTO | Comprende 6 bloques que permiten el control del movimiento onmidireccional  |  Motor #1<br> Motor #2<br> Motor #3<br> Système d'entraînement<br> Onmiaccionamiento<br> Onmiaccionamiento (inverso) |
| EJEMPLO                  | Bloque onmiaccionamiento Robotino® View   |   |
| CÁMARA                   | Bloque cámara Robotino® View permite la visualización de imágenes   |   |
| ODOMETRÍA                | La rotación de las ruedas se mide con la mayor resolución posible en el tiempo. A cada paso de tiempo, se calcula la distancia recorrida por el vehículo a partir de la velocidad |   |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | de rotación de las ruedas. Estas distancias muy pequeñas obtenidas de los pasos, se integran a lo largo del tiempo. Con ello se obtiene la posición actual relativa a la posición de partida. |  |
|--|---|--|

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

#### 1.3.5.5 Bloques de función - Conector y Ampliaciones E/S

**Tabla 8-1:** Librería de bloques de conectores y ampliaciones de entradas y salidas en Robotino® View

| Elemento         | descripción   | bloques   |
|------------------|---|---|
| CONECTOR E/S     | Existe un bloque por cada una de las salidas y entradas del sistema.<br><br>Entradas: 8 digitales, 8 analógicas<br>Salidas: 8 digitales<br>Dos relé.  |  Entrada digital #1<br> Entrada digital #2<br> Salida digital #1<br> Salida digital #2<br> Entrada analógica #1<br> Entrada analógica #2<br> Relé #1<br> Relé #2 |
| EJEMPLO          | Bloque entrada digital #1<br>Robotino® View   |    |
| AMPLIACIONES E/S | Comprende 3 bloques para el control de las ampliaciones aptas para Robotino®  |  Pinza<br> Salida de potencia<br> Entrada del transmisor   |
| EJEMPLO          | Bloque - salida de potencia<br>Robotino® View<br>Este bloque de función asigna valores de consigna a la salida de potencia que es materializada por un puente H, que puede suministrar hasta 5A de corriente continua |    |

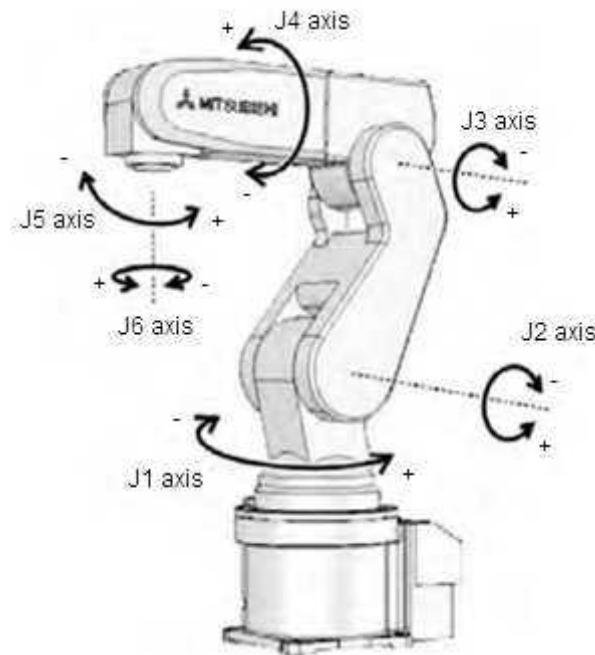
Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

## 1.4 Robot RV2SDB

El robot tiene 6 grados de libertad subdivididos como sigue:

- Base: Rango de movimiento:  $\pm 240^\circ$  Velocidad máx.: 225 grados/seg
- Hombro: Rango de movimiento:  $\pm 120^\circ$  Velocidad máx: 150 grados/seg
- Codo: Rango de movimiento:  $0^\circ$  a  $160^\circ$  Velocidad máx: 275 grados/seg

- Antebrazo: Rango de movimiento:  $\pm 200^\circ$  Velocidad máx: 412 grados/seg
- Torsión de la muñeca: Rango de movimiento:  $\pm 120^\circ$  Velocidad máx: 450 grados/seg
- Rotación de la muñeca: Rango de movimiento:  $\pm 360^\circ$  Velocidad máx: 720 grados/seg
- Precisión de repetitividad:  $\pm 0,02$  mm
- Carga máxima manipulable: 3 kg Motores: Servomecanismos de CA Detección de la posición: mediante codificadores absolutos(Tecnologías de la Automatización 2012).

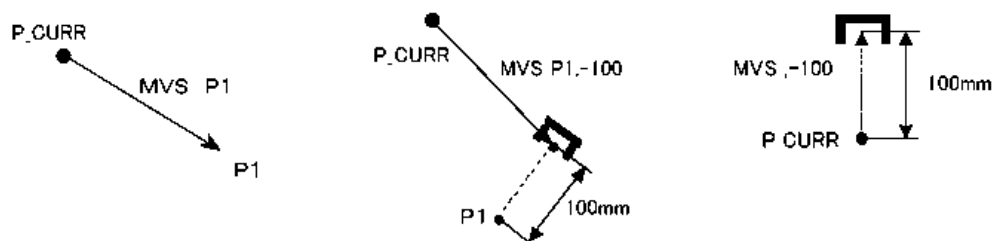


**Figura 4-1: Descripción de los ejes del Robot RV2SDB**

**Fuente:**(Tecnologías de la Automatización 2012)

#### **1.4.1 Interpolación Lineal**

El robot ejecuta un movimiento de interpolación lineal en el que el robot se mueve desde su posición actual hasta la posición de destino describiendo una trayectoria en línea recta (4MELFA-BASIC IV 2010)

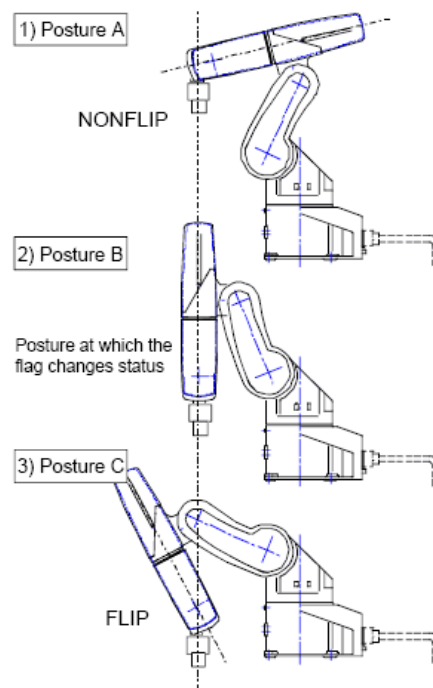


**Figura 5-1: Ejemplo de interpolación lineal, Robot RV2SDB**

**Fuente:**(4MELFA-BASIC IV 2010)

### 1.4.2 Descripción de puntos singulares

Son singulares aquellos puntos, que el robot no puede alcanzar, debido a su diseño o debido a la posición en la cual se encuentren las articulaciones del robot. Por ejemplo la Figura 6-1 describe una trayectoria en la cual el movimiento desde la postura A, pasando por la postura B, hasta la postura C no puede realizarse utilizando la interpolación lineal normal(4MELFA-BASIC IV 2010).



**Figura 6-1: Descripción de un punto singular de un brazo robótico**

Fuente:(4MELFA-BASIC IV 2010)

Esta limitación se aplica solo cuando el eje J4 está a cero grados en todas las posturas A, B y C. Esto se debe a que el indicador de estructura del eje J5 (eje de muñeca) puede rotar para la postura A y no puede rotar para la postura C. Además, en postura B, la muñeca está completamente extendida y los ejes J4 y J6 están ubicados en la misma línea. En este caso, el robot no puede realizar un cálculo de posición de interpolación lineal.

Otro punto singular es cuando el centro del eje J5 está en el eje Z de las coordenadas de la base y la muñeca está mirando hacia arriba. En este caso, J1 y J6 están ubicados en el mismo eje y no es posible calcular la posición del robot (4MELFA-BASIC IV 2010).

## 1.5 PLC

Sus siglas vienen de las palabras en inglés Programmable Logic Controller, traducidas al español su significado es controlador lógico programable, como su nombre lo dice, es un dispositivo programable destinado a controlar, especialmente en el campo industrial, se encargan de procesos de control que resultan peligrosos o complejos de hacer manualmente, o funcionan como un soporte para procesos que requieran de cierto tiempo o frecuencia de ejecución.

Generalmente estos dispositivos tienen un software de programación específico de la marca y un lenguaje de programación propio, aunque existe una base similar para todos, por supuesto el proveedor es el fabricante, y el programador debe aprender los comandos para la programación, de la misma manera que tipo de conexión debido a que si cambian dependiendo del modelo y fabricante (Intrave.com Industrial Automation 2015).

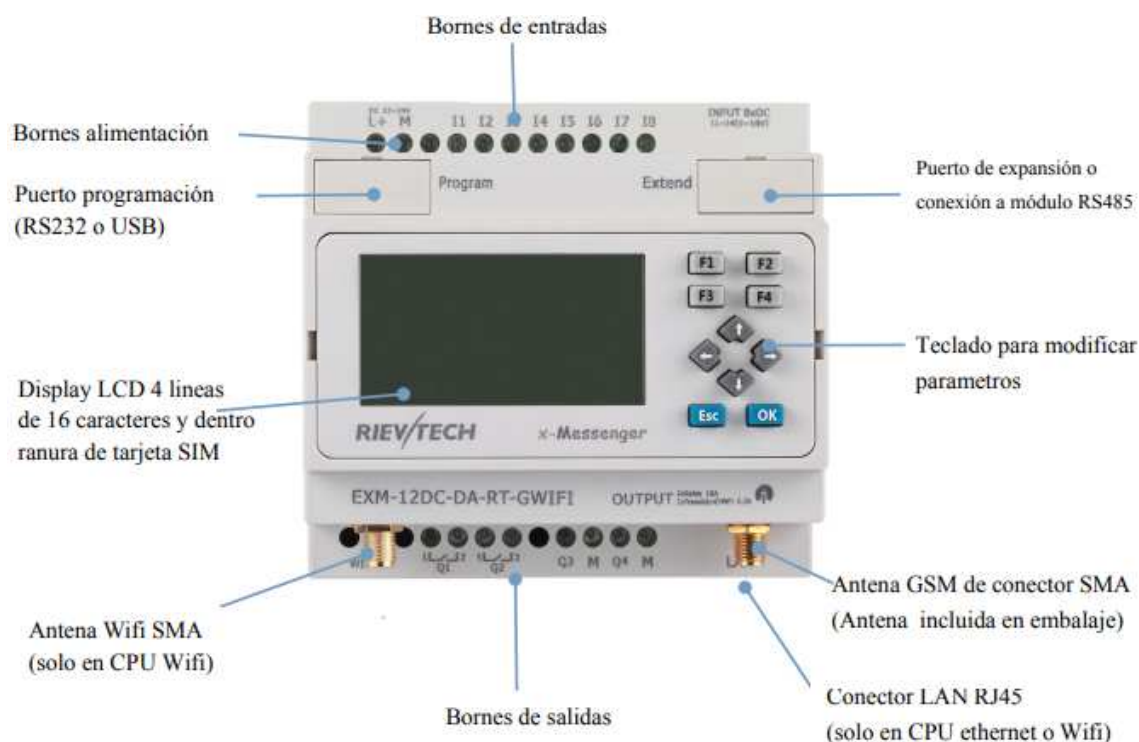
### 1.5.1 Rievtech

Esta marca ofrece soluciones sencillas y económicas en controladores programables y expansiones, los manejan bajo el concepto de micro autómatas programables que básicamente son PLC's disponibles en alimentación de 120/240 VAC y 12/24VDC de alta tecnología, sus características más notables es la incorporación de una pantalla LCD y teclado, con programación mediante un software basado en bloques de funciones (Valles Mac 2009).

#### 1.5.1.1 x-Messenger

La línea x-Messenger ofrece CPU's con capacidad de soporte a un sistema wireless con el uso de tecnología GSM/GPRS, los dispositivos tienen la capacidad de comunicarse por medio de cortos mensajes de texto llamados SMS o llamadas CLIP, el programador tiene la completa libretas de configurar los mensajes de texto como señales de comunicación, para control supervisión, envío y recepción de datos, además transmisión de valores de medición de todo tipo.

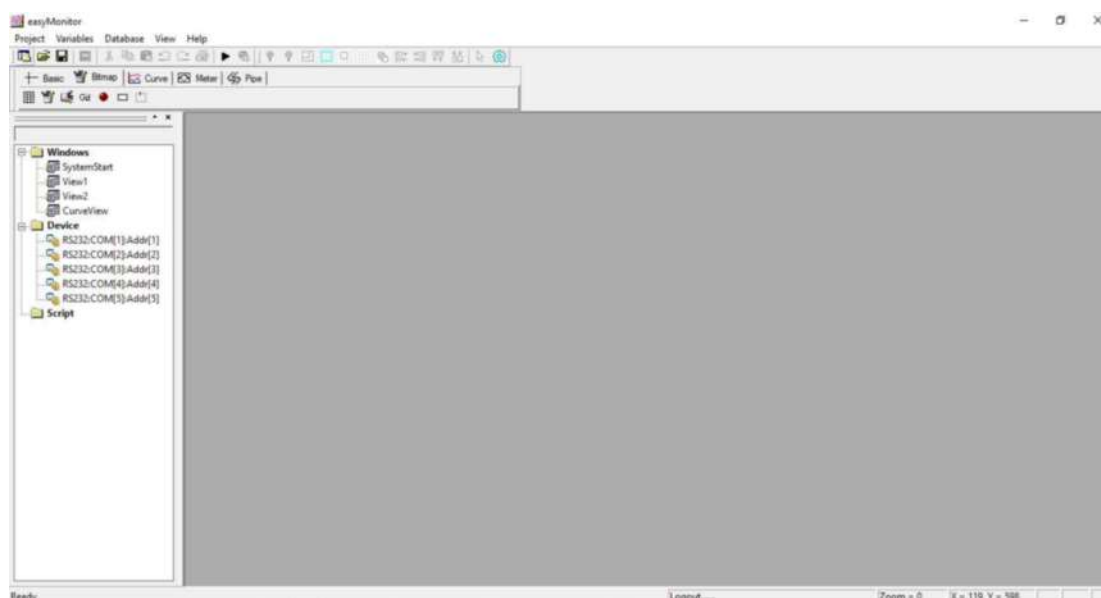
Dependiendo del modelo de CPU que elija el usuario tiene más o menos características, de conectividad wireles, debido a nuestro tipo de sistema de comunicación, hemos decidido usar dos modelos, EXM-12DC-DA-RT-GWIFI junto con un Módulo de expansión ELC12-E-8AC-R, y un CPU Rievtech modelo EXM-12DC-DA-R (Valles Mac 2009).



**Figura 7-1: Descripción de la estructura del CPU x-Messenger modelo EXM-12DC-DA-RT-GWIFI**

Fuente:(Valles Mac 2009)

### 1.5.1.2 Software EasyScada



**Figura 8-1: Interfaz gráfica del software easyMonitor**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha;2018

El software de configuración easyMonitor es el sistema de desarrollo visual de configuración de easySCADA. Este entorno permite monitorear cualquier ocurrencia en los PLC's RIEVTECH

instalados en cualquier tipo de proceso. Posee un entorno fácil de utilizar con indicadores y comandos propios de la línea del fabricante. EasyMonitor permite comunicaciones tipo RS232, RS485, Ethernet/GPRS y el protocolo usado es MODBUS RTU/TCP.

Los elementos básicos de diseño de easyMonitor son indicadores de luz, botones, tanques, válvulas, además que permiten al usuario agregar dibujos y animaciones propias.

## **1.6 HMI**

Una interfaz hombre - máquina o como se conoce se por sus siglas HMI, viene de las palabras en inglés Human Machine Interface, esta herramienta se utiliza mucho en la industria para control y supervisión de una máquina, sistema o proceso, por parte del operario, por medio de esta interface, la finalidad principal de esta herramienta es la visualización de información en tiempo real o semi-real, para los supervisores de línea (© 2018 - WonderwareSpain 2018)

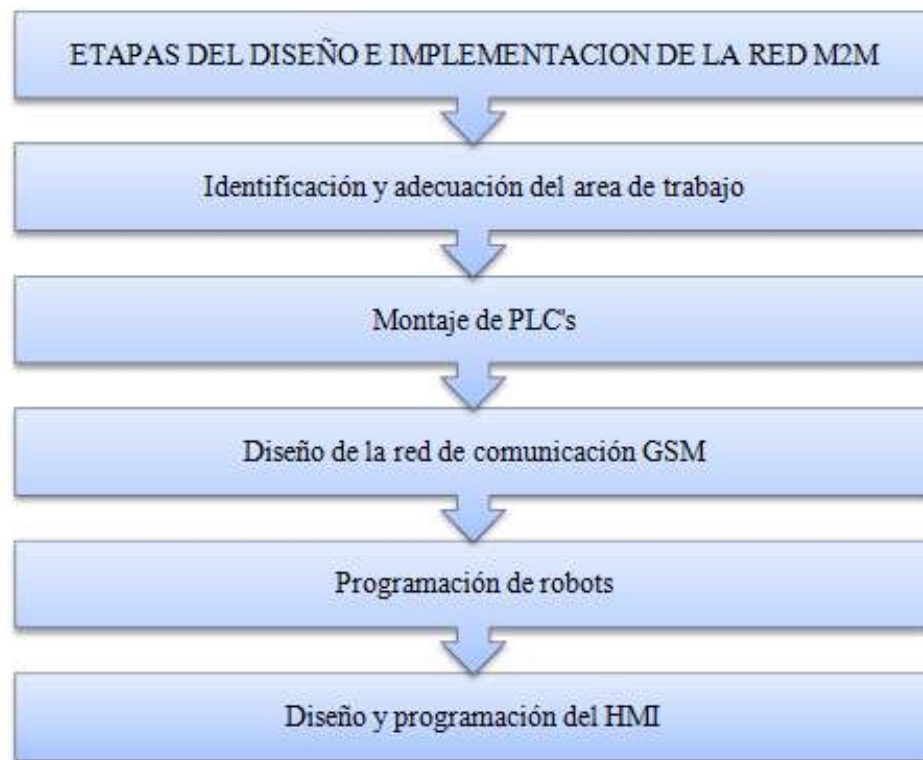
La constante interacción entre el operario y la máquina en un proceso en la industria su pone que el humano tenga ideales acerca del comportamiento de una máquina, por esto, la interfaz se convierte en una herramienta interactiva, para la visualización de un proceso, control, mando y supervisión, dependiendo del diseño de la interfaz será de mayor uso, para el diseñador es importante considerar los requerimientos de información y visualización de imágenes explícitas (Rodríguez V 2013)

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Introducción

En este capítulo se detallan las etapas de diseño e implementación de la red M2M, además se especifica cómo se involucra el proceso del robot RV2SDB dentro de este sistema, dichas etapas se encuentran detalladas en el Gráfico 1-2.



**Gráfico 1-2: Etapas del diseño e implementación de la red M2M**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

#### 2.2 Identificación del Área de Trabajo

El montaje total del proyecto de investigación se desarrolla en el laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por ende esta investigación es de tipo experimental.



El área total de trabajo constituye:

Mesa de trabajo: Con un área de 2.5 metros de ancho, 2.5 metros de largo y 0.8 metros de altura, su estructura está construida de barras de aluminio de 0.04 metros de ancho y 0.08 metros de grosor, consta de 4 patas con ruedas, está destinada a ser el área sobre el cual se montará el sistema, y se ubicará el ROBOTINO PLUS

Estación del Robot RV2SDB: Con un área de 0.7 metros de ancho, 0.7 metros de largo y 0.75 metros de alto, su superficie está destinada a ser el área sobre el cual se ubicará el robot RV2SDB, y dos soportes para los pallets que serán llenados con piezas.



**Figura. 1-2: Área de trabajo para el montaje de la red M2M**

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

### ***2.2.1 Adecuación de la Mesa de trabajo***

En esta etapa se realiza las siguientes actividades:

- Montaje de cilindros y válvulas 4/2 en la entrada y salida de pallets del Robot RV2SDB.
- Montaje de sensores inductivos en las bodegas, entrada y salida del Robot RV2SDB y salida del sistema.
- Montaje de canaletas en la parte inferior de la mesa de trabajo

- Cableado de sensores inductivos hacia la ubicación del tablero de control.
- Montaje y ajuste de sensores magnéticos en los cilindros ubicados
- Fijar la estación del Robot RV2SDB a la mesa de trabajo mediante barras de aluminio
- Pintar las tablas triplex de 12 mm de color blanco.



**Figura. 2-2: Proceso de Adecuación de la mesa de trabajo**

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

### ***2.2.2 Montaje de Ampliación Robotino***

Se realiza el montaje de una ampliación en el Robotino, específicamente un montacargas, que consta de una cinta dentada controlada por un motor, que se conecta al puente de mando del robot a un puente H controlado por una señal PWM y un bit de dirección, el montacargas posee dos sensores magnéticos que van a los conectores E/S, para asegurarnos que no se produzca ningún daño por atasco o golpe.

Además es necesario ordenar la conexión de los sensores adicionales en el puente de control E/S, como adecuar los elementos adicionales para el montaje del PLC en la carcasa del robot, y el cableado entre el Robot, el PLC y las borneras necesarias.



**Figura. 3-2: Montaje de Ampliación y adecuación de conexiones en Robotino**

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

### **2.3 Montaje de PLC's**

Al ser un sistema de comunicación M2M y utilizar un protocolo GSM, nuestro sistema consta de dos PLC's Rievtech que nos permiten diseñar una red de comunicación entre ambos, a pesar de no tener el mismo modelo son capaces de comunicarse a través de mensajes cortos de texto.

Básicamente el primer PLC tiene como función ser emisor mientras que el otro se comporta como receptor de la información, tiene la tarea de decodificar los mensajes cortos de texto enviados por el PLC emisor.

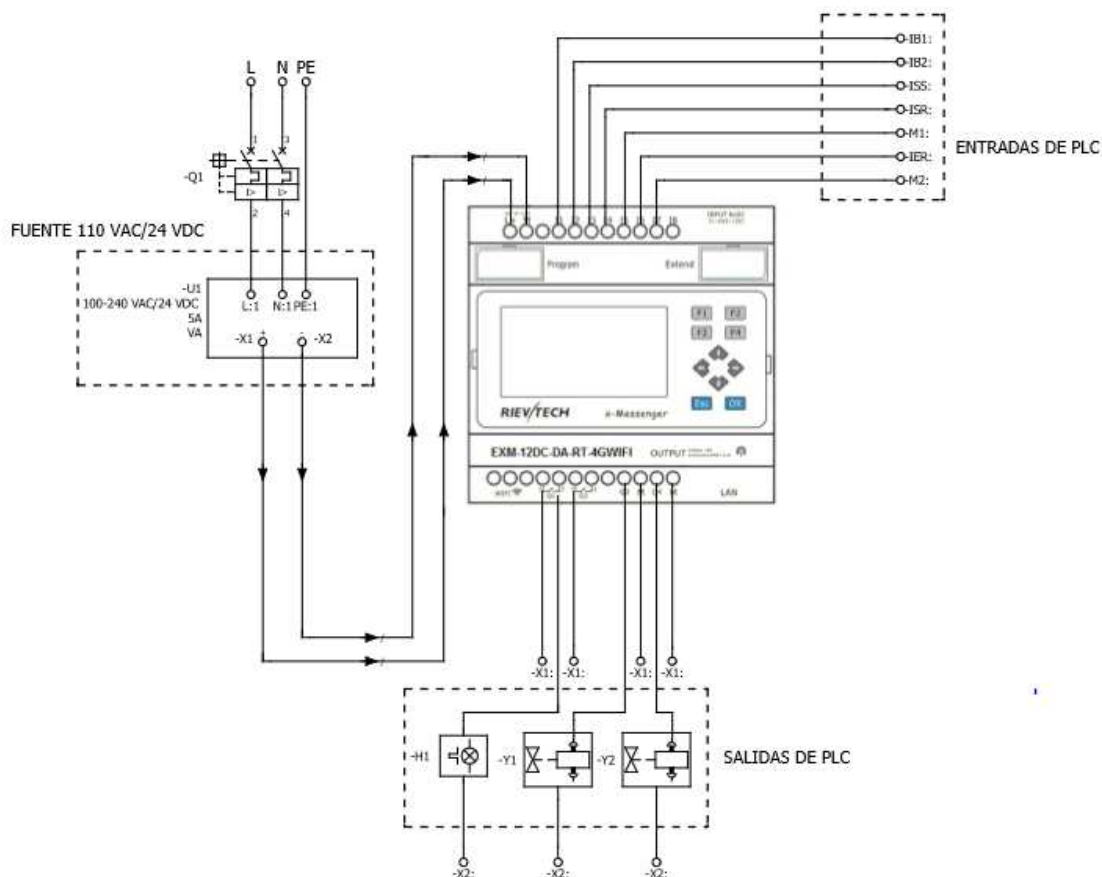
### 2.3.1 PLC Emisor

El emisor es un PLC Rievtech, Modelo EXM-12DC-DA-RT-GWIFI mismo que se monta sobre un tablero desde el que recibirá las señales de los sensores inductivos y magnéticos colocados alrededor de la mesa de trabajo, en los puntos que sea necesario la detección de pallets.



**Figura. 4-2: Tablero de control del PLC emisor**

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018



**Figura. 5-2: Diagrama de conexión del tablero de control.**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

**Tabla. 1-2:** Descripción del diagrama de conexión del tablero de control

| Símbolo | Descripción  |
|---------|--|
| -L      | Conexión a línea 110 VAC                                       |
| -N      | Conexión a neutro 110 VAC                                      |
| -PE     | Conexión a tierra 110 VAC                                      |
| -X1     | Bornera de conexión a terminal positivo de alimentación 24 VDC |
| -X2     | Bornera de conexión a terminal negativo de alimentación 24 VDC |
| -IB1    | Sensor inductivo de la bodega 1                                |
| -IB2    | Sensor inductivo de la bodega 2                                |
| -ISS    | Sensor inductivo de la salida del sistema                      |
| -ISR    | Sensor inductivo de la salida del robot RV2SDB                 |
| -IER    | Sensor inductivo de la entrada del robot RV2SDB                |
| -M1     | Sensor magnético del cilindro 1                                |
| -M2     | Sensor magnético del cilindro 2                                |

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

### 2.3.2 PLC Receptor

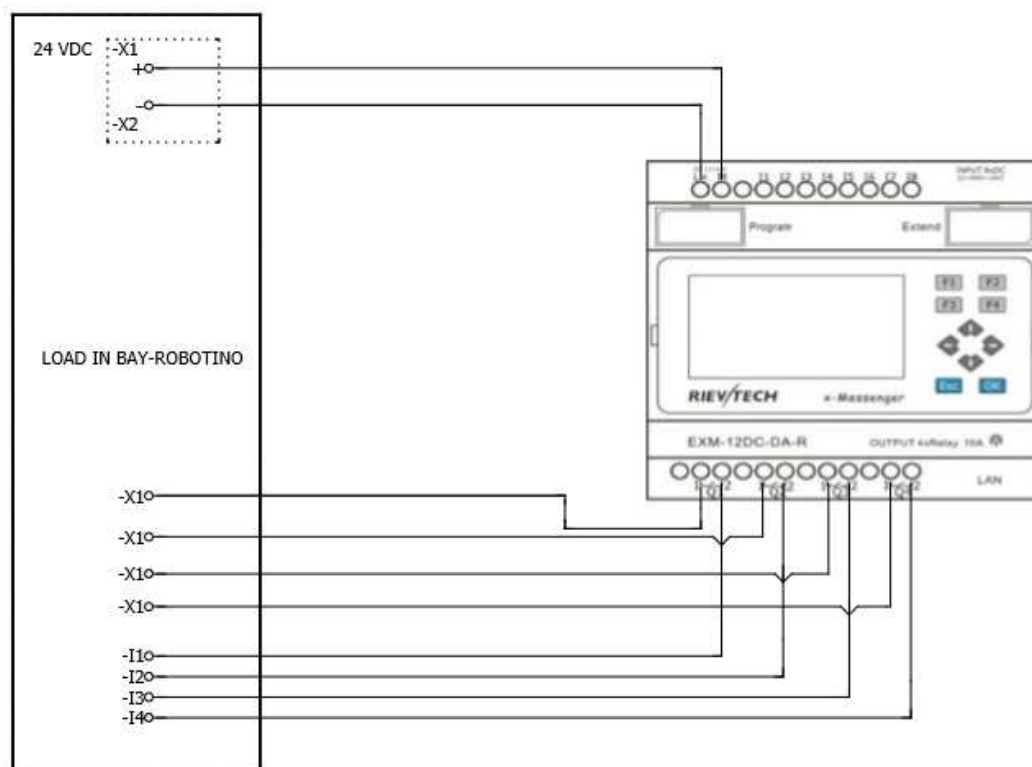
El receptor es un PLC Rievtech modelo EXM-12DC-DA-R, se monta sobre el ROBOTINO PLUS, en donde las salidas del PLC serán conectadas en las cuatro primeras entradas digitales de los conectores E/S del robot y traducidos como órdenes la ejecución de instrucciones del Robotino.



**Figura. 6-2: PLC receptor**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018





**Figura. 7-2: Diagrama de conexión del PLC al ROBOTINO**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

**Tabla. 2-2: Descripción del diagrama de conexión del PLC al ROBOTINO**

| Símbolo | Descripción  |
|---------|--|
| -X1     | Bornera de conexión a terminal positivo de alimentación 24 VDC |
| -X2     | Bornera de conexión a terminal negativo de alimentación 24 VDC |
| -I1     | Borne de la entrada 1 al load in bay del robotino              |
| -I2     | Borne de la entrada 2 al load in bay del robotino              |
| -I3     | Borne de la entrada 3 al load in bay del robotino              |
| -I3     | Borne de la entrada 4 al load in bay del robotino              |

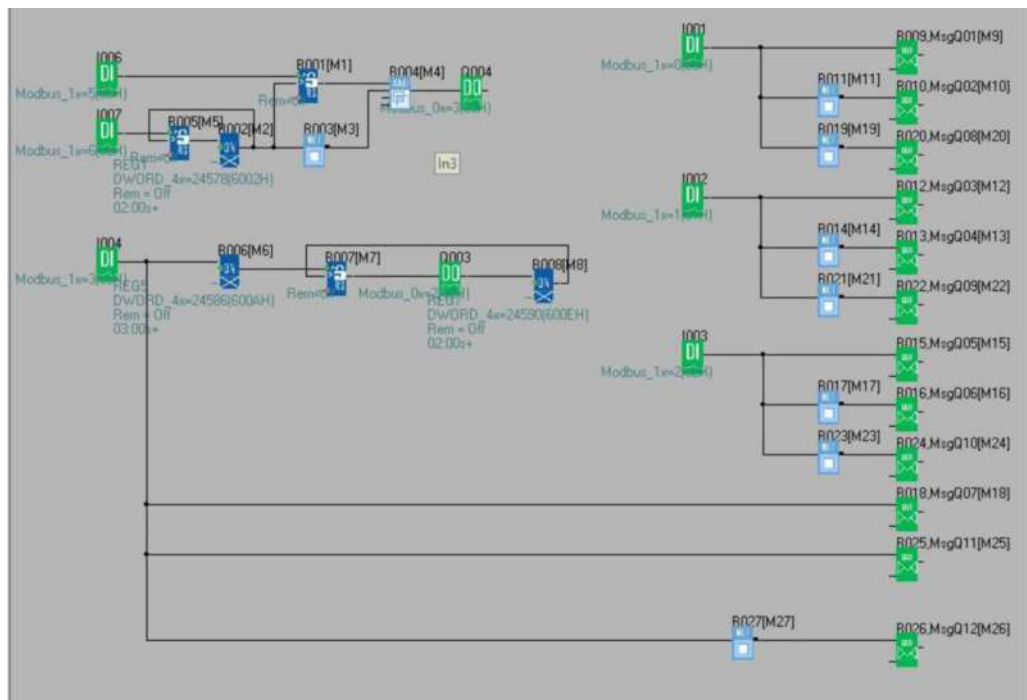
Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

## 2.4 Diseño de la red de comunicación GSM

Alrededor de la mesa están ubicados siete sensores, cinco de los cuales son sensores inductivos, destinados a detectar la presencia de pallets en las diferentes bodegas y/o entradas y salidas de la mesa de trabajo, los dos sensores restantes son sensores magnéticos que están ubicados en los cilindros de la entrada y salida de la ubicación del robot RV2SDB, estos últimos son los encargadas del funcionamiento del bloque de válvulas.

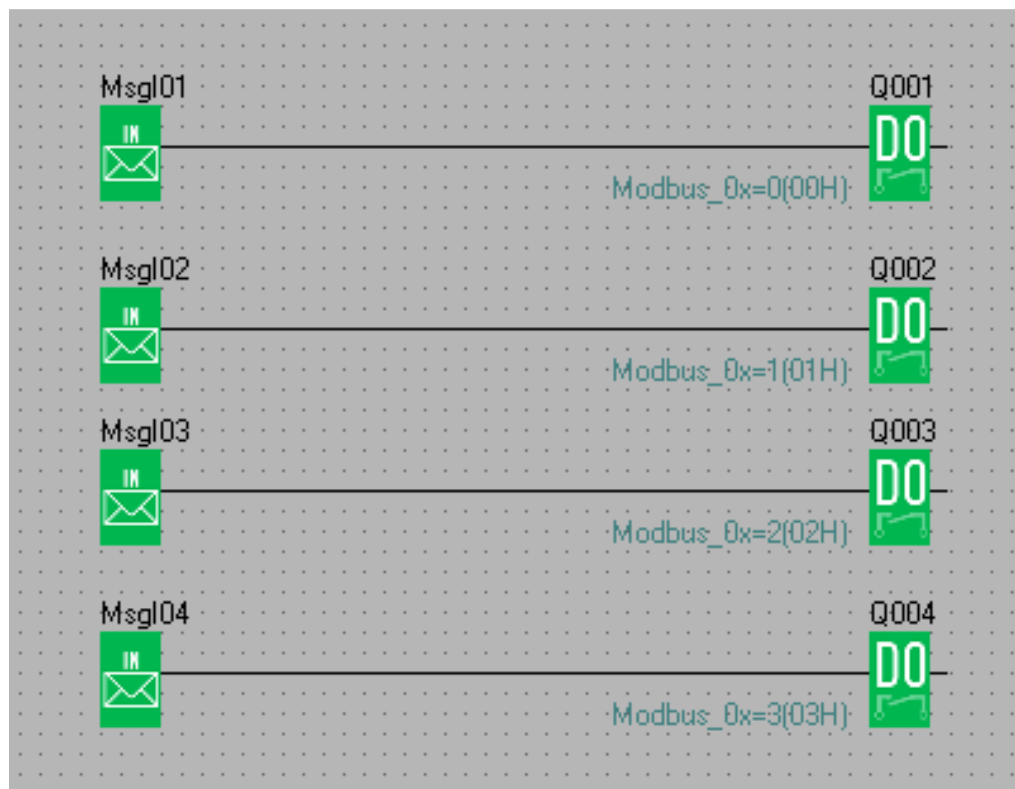
Este conjunto de siete sensores está conectado directamente a las entradas del PLC emisor y mediante la recolección de esta información se enviarán los mensajes de texto con las ordenes

respectivas al PLC receptor y este a su vez enviará las órdenes para la ejecución de instrucciones al ROBOTINO.



**Figura. 8-2: Programa del PLC emisor**

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018



**Figura. 9-2: Programa del PLC receptor**

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018



Los bloques destinados al envío y recepción de los mensajes de texto deben ser configurados mediante un directorio telefónico, tiene la capacidad de almacenar hasta 200 números telefónicos, con opción de añadir, editar y eliminar como se muestra en la Figura 10-2.

| Number | Name | Phone Number/email address |
|--------|------|----------------------------|
| 01     |      |                            |
| 02     | PLC  | +59399999999               |
| 03     |      |                            |
| 04     |      |                            |
| 05     |      |                            |
| 06     |      |                            |
| 07     |      |                            |
| 08     |      |                            |
| 09     |      |                            |
| 10     |      |                            |
| 11     |      |                            |
| 12     |      |                            |
| 13     |      |                            |
| 14     |      |                            |

**Figura. 10-2: Configuración del directorio telefónico**

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

Para el envío de mensajes de texto la ventana de configuración en la Figura 11-2, muestra varios campos que definen el formato de mensaje, el texto que se envía, el número telefónico que lo va a recibir previamente añadido al directorio telefónico, además opciones avanzadas como el tiempo de duración continua que necesita orden o señal de envío de mensaje para que sea válido.

La configuración de la recepción de mensajes de texto se muestra en la Figura 12-2, en esta ventana definimos el texto específico del mensaje que será válido para las acciones de ON y OFF de la instrucción que se va a ejecutar, además se especifica el número telefónico añadido en el directorio del cual se recibe el mensaje, en caso que recibir mensajes de texto de otro número telefónico, no se realiza ninguna acción, lo mismo sucede si en mensaje de texto es incorrecto, independientemente de venir del número telefónico elegido.

Sms Out | **Sms Dial** | Sms email

Block name:

Message Format: **TEXT**

☒ Text Message ☐ Params Message

Message Editor

1#1

Remaining chars for message (Max. 100 chars) **97**

☐ Confirmation

Waiting for confirmation  Minute

Number of loops if no confirmation received  Repetitions

☐ Keyword for confirmation

if not selected, no keyword needed for confirmation. Confirmation by identification of senders phone number (any or no message text)

Send status message to

1.Receiver **RECEPTOR,+593969075131**

2.Receiver

3.Receiver

4.Receiver

5.Receiver

☒ On message delay (SMS send only if input is continuous HIGH during the set time)

(0.01...99.99) ☒ s ☐ m ☐ h

**Figura. 11-2: Configuración de mensajes del PLC emisor**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

**Sms In**

Block name:

Message

☒ Incoming Message

☐ Number identification

ON instruction

OFF instruction

Default values are:

ON: 1#1

OFF: 1#0

Off-Delay ☐ Enable Delay  seconds

Call

☐ Incoming Call ☐ Answer call

Telephone

1.Receiver **PLCE,+59399999999**

2.Receiver

3.Receiver

4.Receiver

5.Receiver

**Figura. 12-2: Configuración de mensajes del PLC receptor**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

#### **2.4.1 *Funcionamiento de la red***

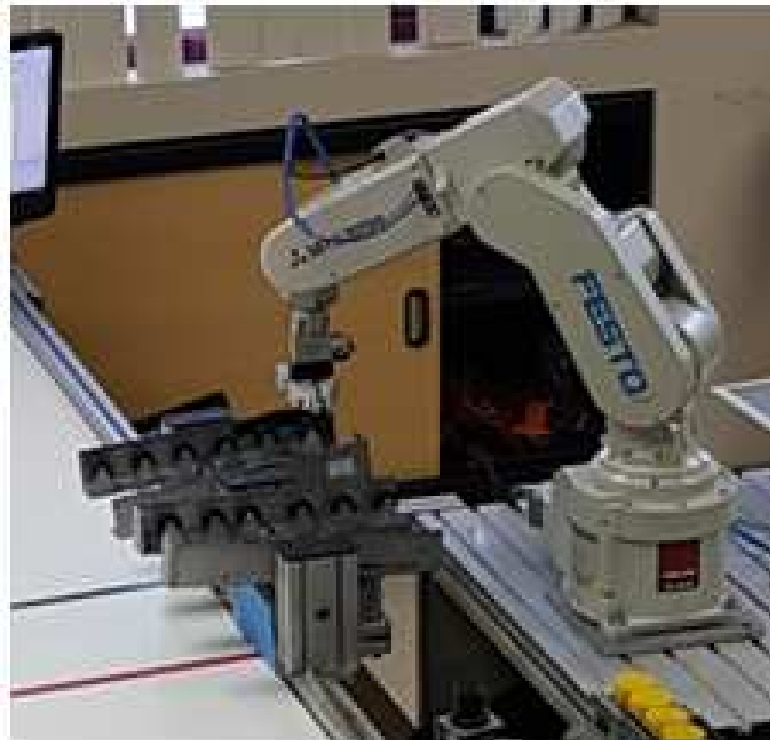
El funcionamiento del sistema empieza con el ROBOTINO PLUS en una posición denominada "HOME" en el centro de la mesa de trabajo que es un punto de partida, y espera para las tareas que debe completar el robot, así como de finalización del proceso.

El robot RV2SDB también inicia el proceso en su respectiva posición denominada "HOME1" sobre la rampa de entrada de pallets vacíos frente a su estación de trabajo, ubica además el sensor de su efector final, de tal forma que, en un modo de espera, le permita identificar la existencia de un pallet en esta posición.



**Figura. 13-2: Robotino ubicado en posición HOME**

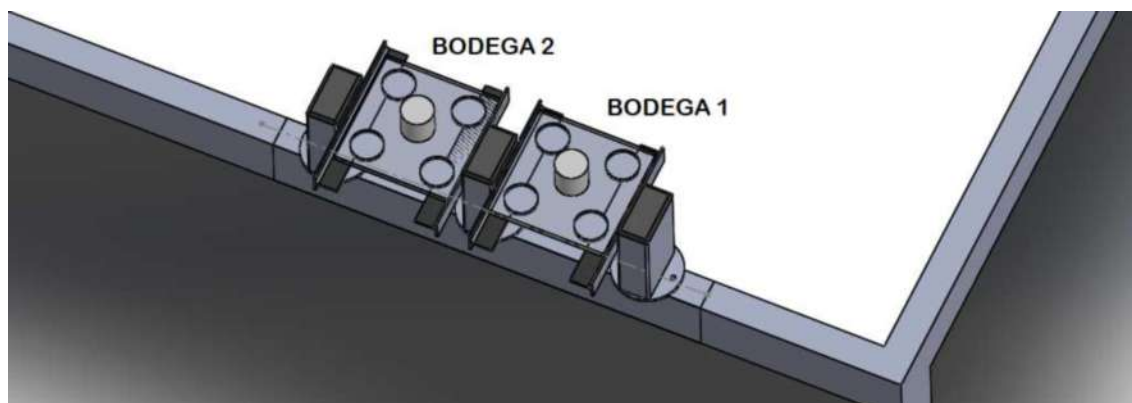
**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018



**Figura. 14-2: Robot RV2SDB ubicado en la posición HOME**

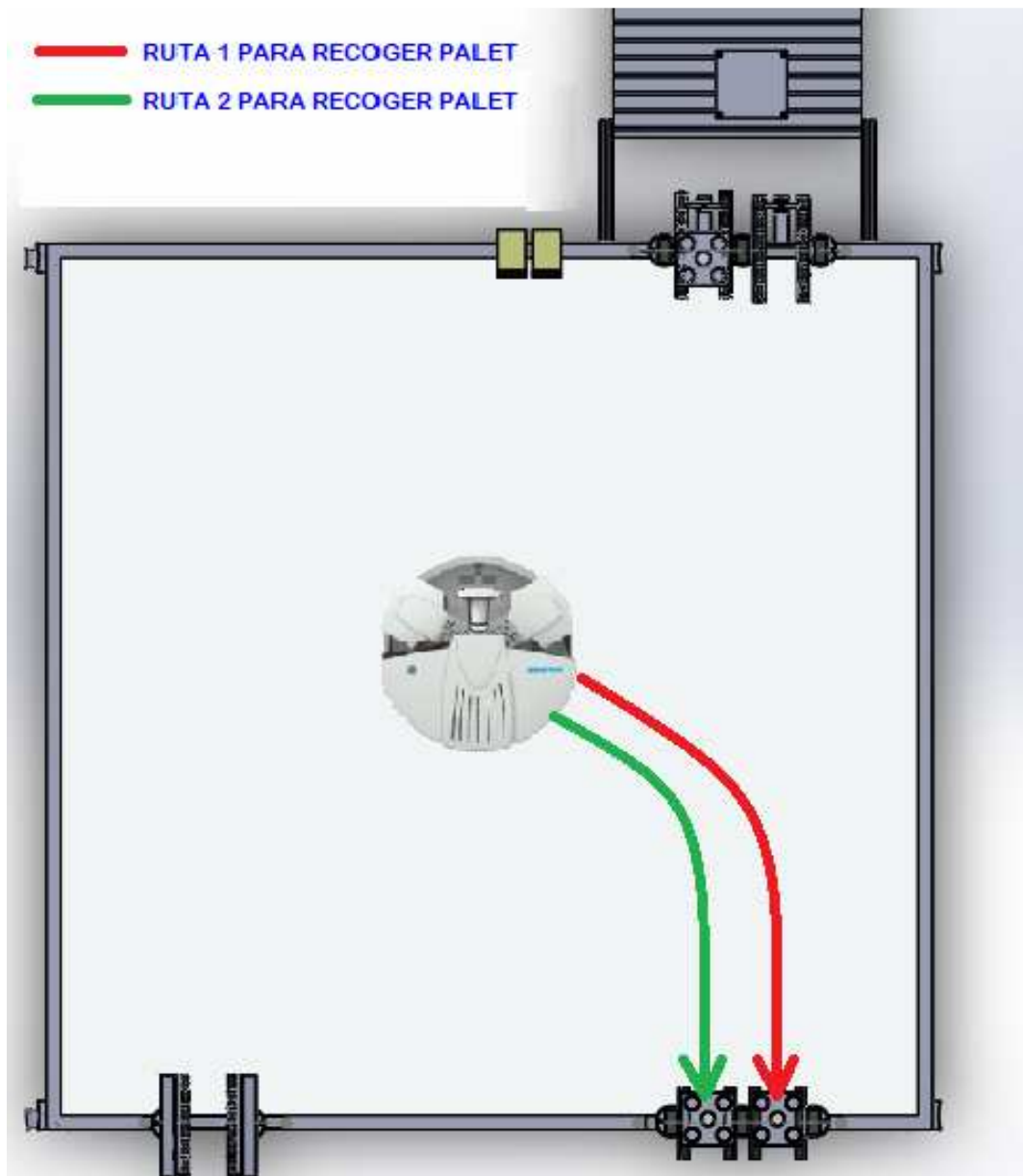
**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

Se tiene dos bodegas las cuales sirven como entradas de los pallets vacíos. En caso de existir pallets ubicados sobre la bodega, los sensores inductivos en conjunto con el PLC emisor se encargan de enviar un SMS al PLC receptor, indicando al ROBOTINO la posición a la cual deberá dirigirse a recoger el pallet. En caso de que las dos bodegas se encuentren llenas el ROBOTINO dará prioridad a la BODEGA 1, para después de ejecutarse el primer ciclo de trabajo dirigirse a la BODEGA 2.



**Figura. 15-2: Bodegas del sistema con pallets**

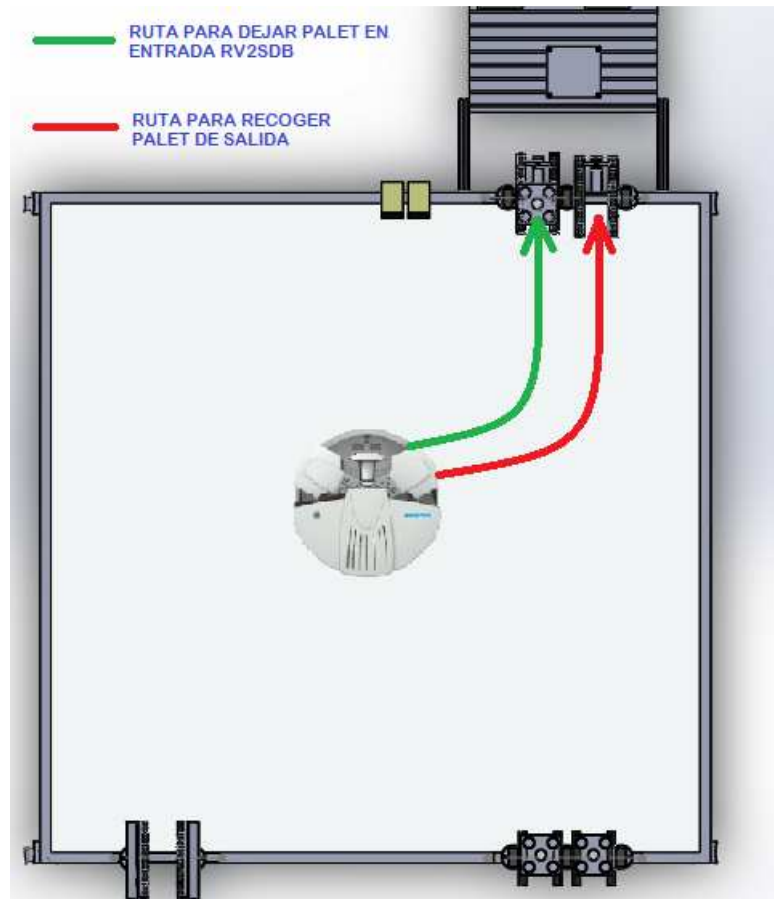
**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018



**Figura. 16-2: Rutas para recoger pallets vacíos**

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

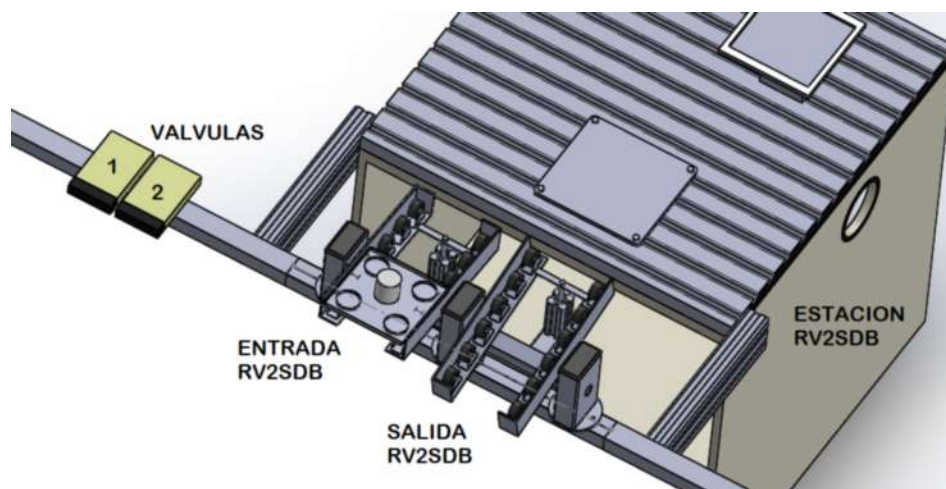
Una vez que el ROBOTINO ha recogido el pallet de cualquiera de las bodegas se envía un mensaje de texto nuevo desde el PLC emisor hacia el receptor, comunicando que ya no existe un pallet en la BODEGA correspondiente, mientras el ROBOTINO sigue la ruta para colocar el pallet sobre la entrada del robot RV2SDB.



**Figura. 17-2: Ruta del Robot hacia E/S del robot RV2SDB**

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

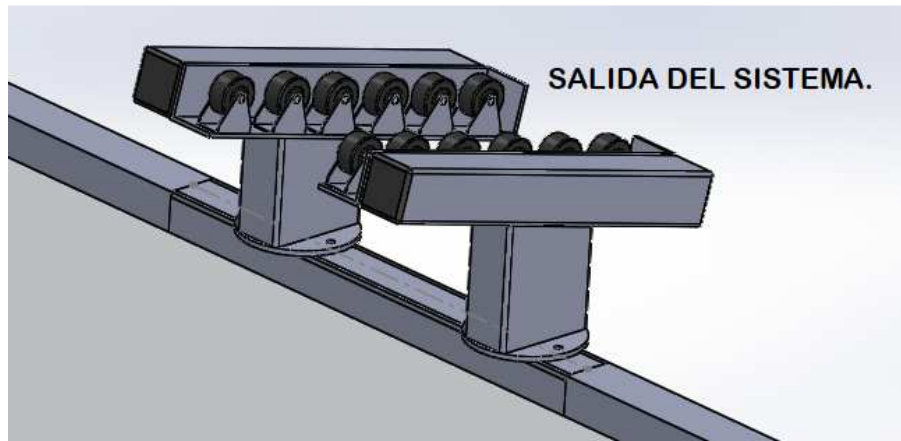
El sensor inductivo ubicado en la entrada del robot RV2SDB activa la válvula 1 haciendo que el pallet se centre en la rampa de entrada y el brazo robótico pueda detectar la presencia del pallet para empezar su secuencia de llenado después de este proceso.



**Figura. 18-2: Entradas y salidas del robot RV2SDB**

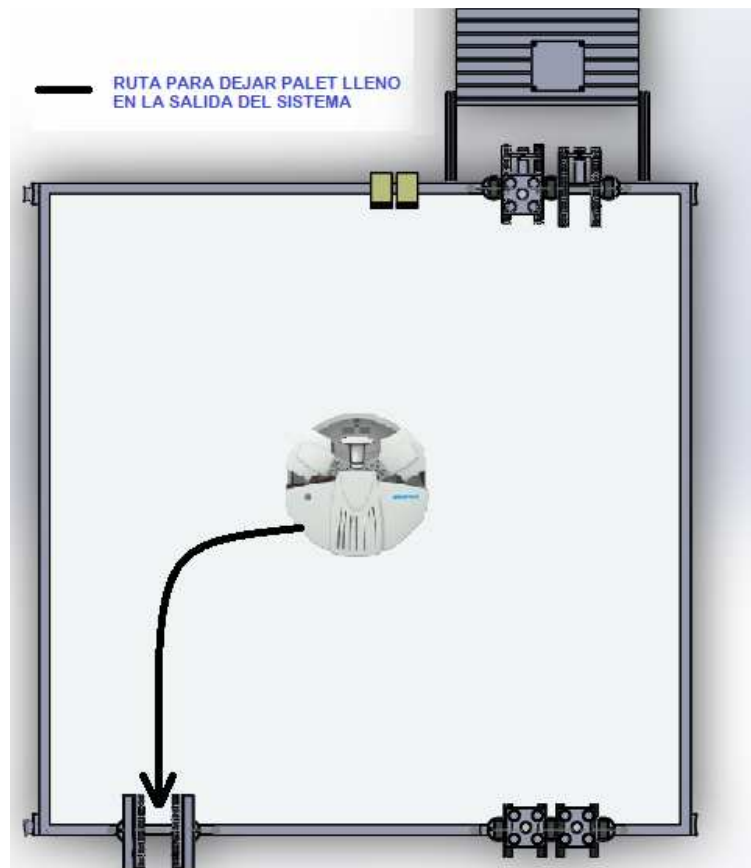
**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

Una vez que el brazo ha ubicado las cuatro piezas sobre el pallet, esta toma el pallet ubicándolo sobre la salida del robot RV2SDB. El sensor ubicado sobre esta posición activa la válvula 2 haciendo que el pallet lleno se centre en la rampa de salida del sistema, además de enviar el tercer mensaje al PLC receptor y al ROBOTINO indicando que existe un pallet con piezas en esta ubicación.



**Figura. 19-2: Salida del sistema**

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018



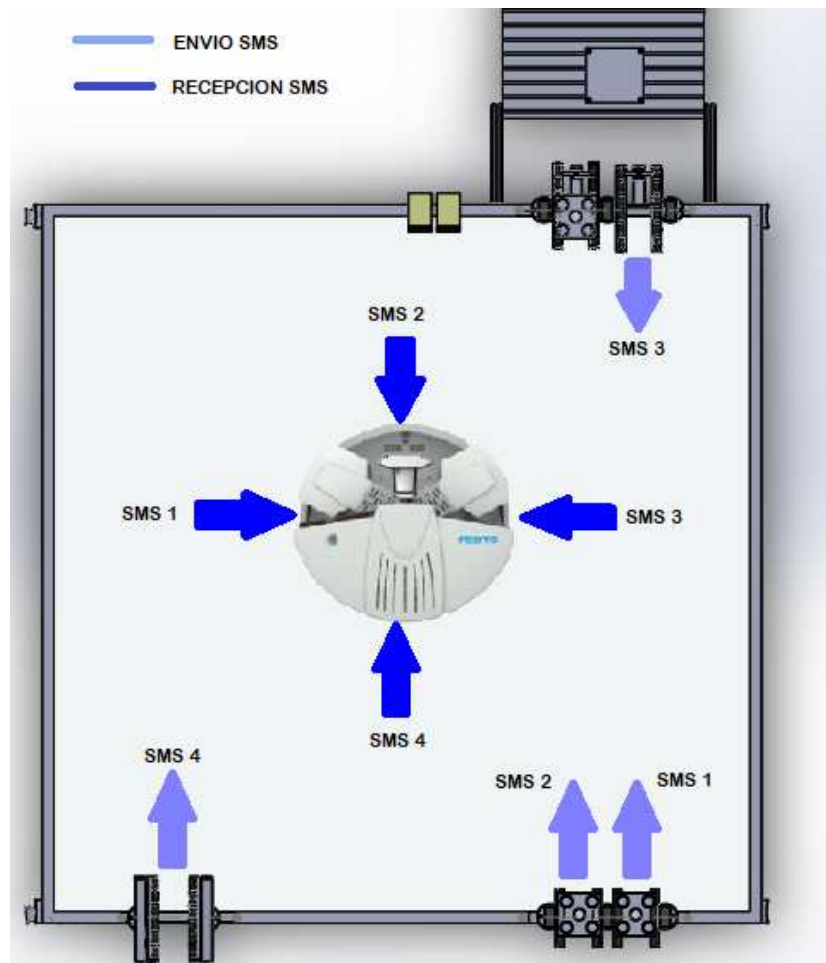
**Figura. 20-2: Ruta de Robotino para dejar pallet en la salida del sistema**

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

Una vez el ROBOTINO ha recogido el pallet, el sensor inductivo ubicado en la salida del sistema le indica a este, mediante un mensaje de texto, que la salida se encuentra vacía y que puede dirigirse a esa posición a dejar el pallet lleno.

Completada la secuencia de llenado y transporte del pallet, el ROBOTINO y el robot RV2SDB regresan a su posición HOME inicial, esperando la existencia de pallets para realizar el proceso.





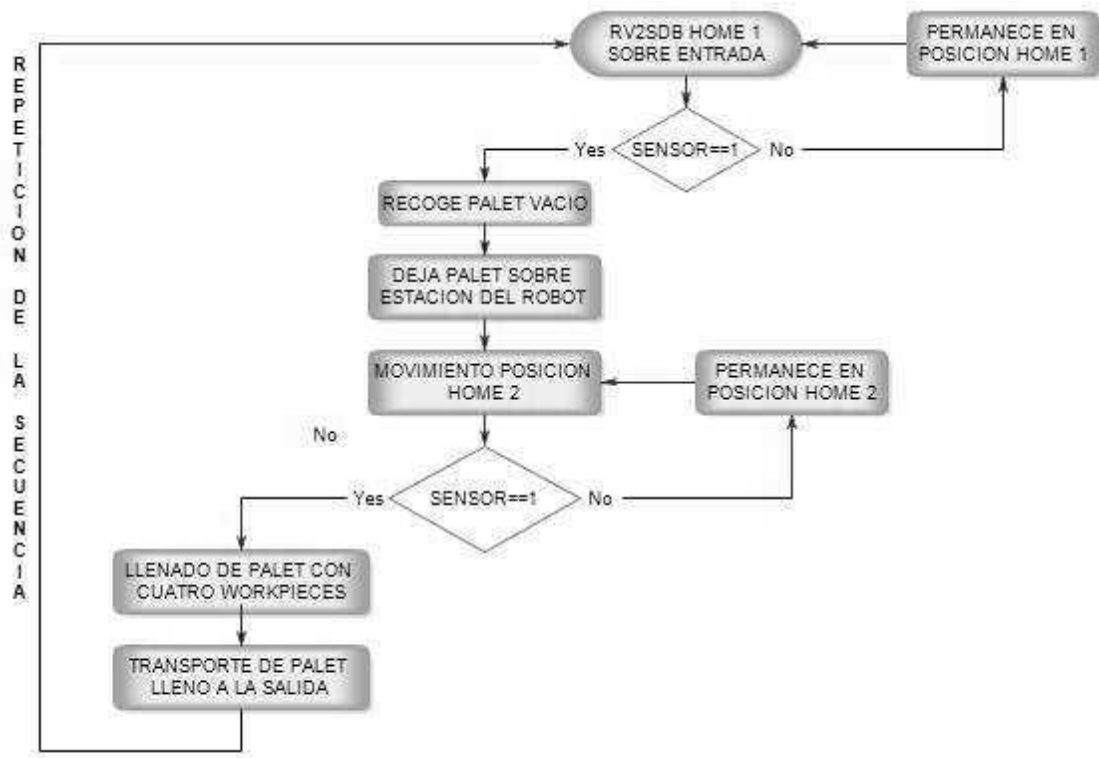
**Figura. 21-2: Envío y recepción de mensajes de texto del sistema M2M**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

## 2.5 Programación de Robots

### 2.5.1 Programación Robot Mitsubishi RV2SDB

El diagrama de flujo que detalla el funcionamiento del programa está descrito en el Gráfico 2-2, el cual consiste en fijar posiciones y acoplarlas en una ruta de trabajo repetitiva.



**Gráfico 2-2:Funcionamiento del robot MITSUBISHI RV2SDB**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

El software de programación de este robot es la interfaz RT Toolbox2



**Figura. 22-2: Software RT Toolbox2**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

Las posiciones programadas dentro de la ruta se muestran en la Tabla 3-2.

**Tabla. 3-2: Posiciones de la ruta del Robot Mitsubishi RV2SDB**

| <b>XYZ</b>      | <b>X</b> | <b>Y</b> | <b>Z</b> | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>P1</b>       | -207.570 | -292.640 | 416.390  | -178.740 | -2.390   | 93.060   |
| <b>P2</b>       | -214.790 | -355.900 | 407.820  | -178.840 | -4.001   | 93.070   |
| <b>P3</b>       | -214.840 | -364.580 | 441.260  | -179.020 | -7.980   | 92.900   |
| <b>P4</b>       | 299.870  | -298.580 | 441.250  | -179.020 | -7.980   | 168.530  |
| <b>P5</b>       | 293.190  | 300.220  | 434.260  | -178.290 | -7.500   | -105.650 |
| <b>P6</b>       | 119.510  | 298.110  | 415.730  | 177.900  | -8.320   | -92.620  |
| <b>P7</b>       | 389.480  | -238.410 | 390.560  | -178.620 | -5.010   | 91.940   |
| <b>P8</b>       | 398.470  | -217.510 | 266.610  | -178.620 | -5.010   | -175.320 |
| <b>P9</b>       | 414.220  | -198.080 | 280.590  | -177.560 | -2.270   | 178.690  |
| <b>P10</b>      | 112.170  | 281.580  | 380.950  | -179.750 | -1.070   | -93.360  |
| <b>P11</b>      | 32.470   | 358.990  | 370.050  | 179.130  | 1.040    | -172.660 |
| <b>P12</b>      | 197.670  | 358.530  | 377.080  | -176.370 | -1.980   | 1.330    |
| <b>P13</b>      | 162.400  | 240.910  | 365.580  | 179.740  | -1.380   | -86.660  |
| <b>P14</b>      | 70.980   | 235.890  | 393.710  | 179.860  | -1.280   | -90.170  |
| <b>P15</b>      | 125.370  | 285.220  | 348.610  | 177.840  | -1.040   | -81.200  |
| <b>P16</b>      | 119.930  | 285.760  | 259.830  | -179.990 | -1.380   | -81.250  |
| <b>P17</b>      | 309.190  | -61.130  | 416.570  | 178.610  | -1.750   | -158.970 |
| <b>P18</b>      | 5.550    | -386.820 | 449.480  | 179.190  | -1.410   | 103.460  |
| <b>P19</b>      | 9.180    | -456.260 | 319.980  | -179.080 | -1.020   | 96.740   |
| <b>PAUX</b>     | 389.410  | -172.550 | 452.600  | -178.580 | -5.020   | 91.930   |
| <b>PAUXD</b>    | 395.870  | -196.360 | 268.480  | -178.790 | -3.710   | 92.270   |
| <b>PESTA</b>    | 114.140  | 288.070  | 401.280  | -177.920 | -3.150   | -82.500  |
| <b>PFIN</b>     | -255.310 | -318.240 | 394.080  | -178.750 | 2.210    | 2.000    |
| <b>PIEZA</b>    | 417.040  | -202.880 | 234.890  | -177.580 | -1.620   | 178.690  |
| <b>PIEZAC</b>   | 75.890   | 236.930  | 249.470  | -179.980 | -0,76    | -85.020  |
| <b>PIEZAD</b>   | 197.680  | 358.530  | 248.870  | -176.370 | -0,98    | 1.330    |
| <b>PIEZAT</b>   | 162.410  | 240.690  | 251.670  | 179.740  | -1.380   | -86.660  |
| <b>PIEZAU</b>   | 32.440   | 359.130  | 250.480  | 179.130  | 0,04     | -172.660 |
| <b>PINICIAL</b> | -255.310 | -318.240 | 312.690  | -178.750 | 2.210    | 2.000    |
| <b>PLEAVEP</b>  | 114.140  | 288.060  | 263.920  | -177.920 | -3.150   | -82.500  |
| <b>PP</b>       | 417.000  | -203.940 | 275.920  | -178.620 | -5.010   | -175.330 |
| <b>PPALETV</b>  | -230.030 | -344.030 | 321.440  | 176.220  | -6.940   | 97.260   |
| <b>PSENP</b>    | 395.810  | -244.920 | 230.010  | -178.610 | -5.010   | 91.940   |

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

El programa del robot RV2SDB comienza en una posición HOME a la cual se ha definido como PRINICIAL, el conjunto de movimientos desde P1 hasta P8 son movimientos encargados de transportar el pallet vacío hacia la estación del robot RV2SDB. Una vez que se ejecutan estas instrucciones vienen el siguiente bloque de instrucciones desde P9 hasta P15 son movimientos encargados de transportar cada una de las piezas desde la estación de separación hacia el pallet en la estación, esta subrutina se repite cuatro veces. Finalmente los movimientos encargados de llevar el pallet lleno desde la estación hacia la salida del robot RV2SDB son las posiciones que van desde P16 hasta P19.

La posición PESTA es una posición HOME del robot sobre la estación, las posiciones PIEZA, PIEZAC, PIEZAD, PIEZAT, PIEZAU son posiciones HOME de sensado para cada una de las piezas de trabajo.

Las demás posiciones mostradas en la Tabla. 4-2 son posiciones auxiliares para evitar puntos singulares dentro de la trayectoria del robot.

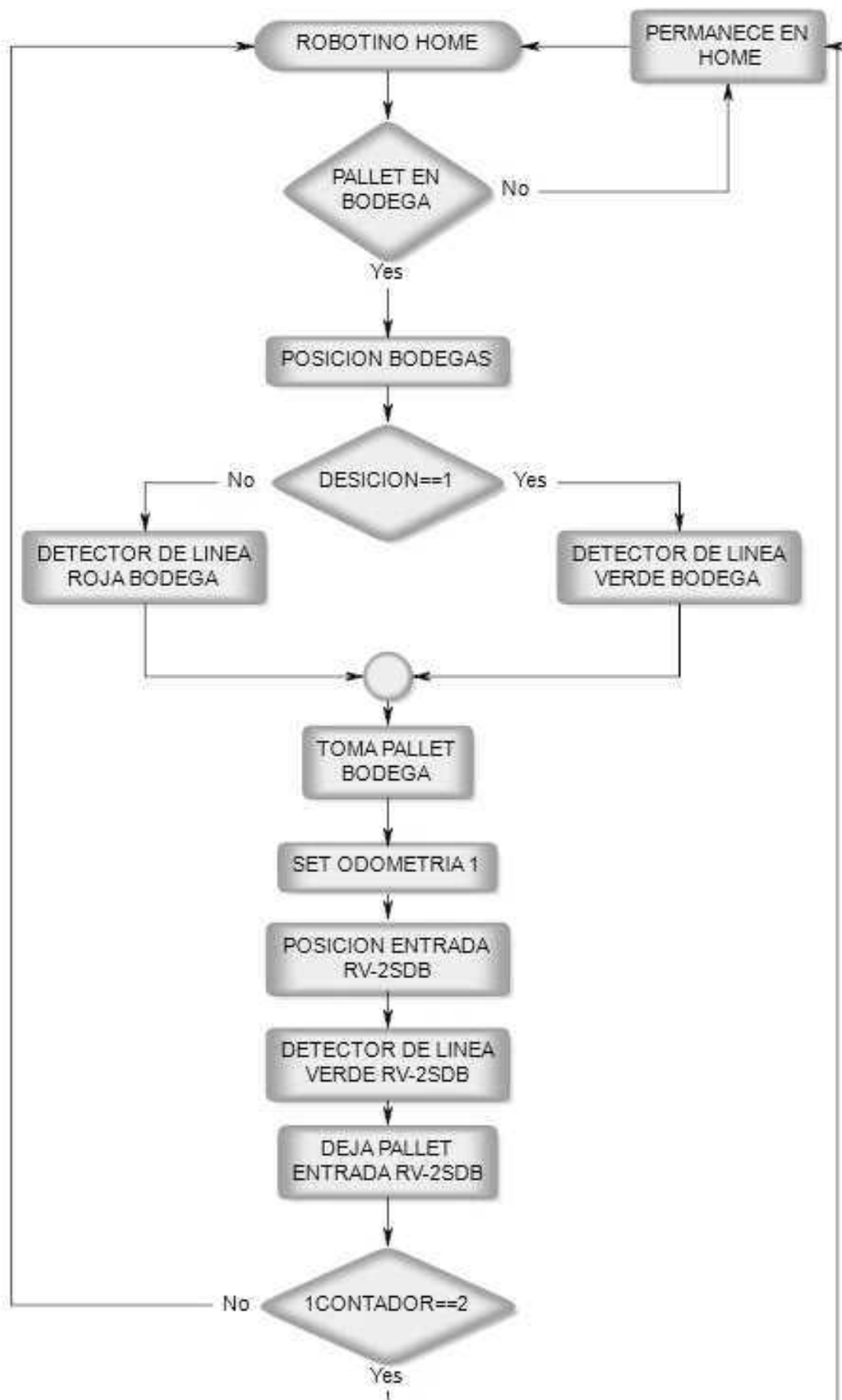
|                           |                     |                     |                      |
|---------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 1 DEF IO SENSOR = BIT,900 | 33 MOV PIEZA        | 65 MOV P12          | 97 ENDIF             |
| 2 HOPEN 1                 | 34 DLY 1            | 66 MOV PIEZAD       | 98 GOTO *TRES        |
| 3 DLY 1                   | 35 HCLOSE 1         | 67 DLY 1            | 99 *CUATRO           |
| 4 MOV PINICIAL            | 36 DLY 1            | 68 HOPEN 1          | 100 MOV PSENP        |
| 5 DLY 1                   | 37 MOV P9           | 69 DLY 1            | 101 IF SENSOR=1 THEN |
| 6 IF SENSOR=1 THEN        | 38 MOV P10          | 70 MOV P12          | 102 MOV P8           |
| 7 MOV P1                  | 39 MOV P11          | 71 MOV PAUXD        | 103 MOV P9           |
| 8 MOV P2                  | 40 MOV PIEZAU       | 72 GOTO *TRES       | 104 MOV PIEZA        |
| 9 DLY 1                   | 41 DLY 1            | 73 ENDIF            | 105 HCLOSE 1         |
| 10 MOV PPALETV            | 42 HOPEN 1          | 74 GOTO *DOS        | 106 MOV P9           |
| 11 DLY 1                  | 43 DLY 1            | 75 *TRES            | 107 MOV P10          |
| 12 HCLOSE 1               | 44 MOV P11          | 76 MOV PSENP        | 108 MOV P14          |
| 13 DLY 1                  | 45 DLY 1            | 77 DLY 1            | 109 MOV PIEZAC       |
| 14 MOV P3                 | 46 MOV PAUXD        | 78 IF SENSOR=1 THEN | 110 HOPEN 1          |
| 15 MOV P4                 | 47 GOTO *DOS        | 79 MOV P8           | 111 MOV P14          |
| 16 MOV P5                 | 48 ENDIF            | 80 DLY 1            | 112 GOTO *LLENO      |
| 17 MOV P6                 | 49 GOTO *UNO        | 81 MOV P9           | 113 ENDIF            |
| 18 MOV PESTA              | 50 *PIEZA DOS       | 82 DLY 1            | 114 GOTO *CUATRO     |
| 19 MOV PLEAVEP            | 51 *DOS             | 83 MOV PIEZA        | 115 *LLENO           |
| 20 DLY 1                  | 52 MOV PSENP        | 84 DLY 1            | 116 MOV P15          |
| 21 HOPEN 1                | 53 DLY 1            | 85 HCLOSE 1         | 117 MOV P16          |
| 22 MOV PESTA              | 54 IF SENSOR=1 THEN | 86 DLY 1            | 118 HCLOSE 1         |
| 23 MOV P7                 | 55 MOV P8           | 87 MOV P9           | 119 MOV P15          |
| 24 DLY 1                  | 56 DLY 1            | 88 MOV P10          | 120 MOV P17          |
| 25 *UNO                   | 57 MOV P9           | 89 MOV P13          | 121 MOV P18          |
| 26 MOV PSENP              | 58 DLY 1            | 90 MOV PIEZAT       | 122 MOV PSENP        |
| 27 DLY 1                  | 59 MOV PIEZA        | 91 DLY 1            | 123 HOPEN 1          |
| 28 IF SENSOR=1 THEN       | 60 DLY 1            | 92 HOPEN 1          | 124 MOV P18          |
| 29 MOV P8                 | 61 HCLOSE 1         | 93 DLY 1            | 125 MOV PFIN         |
| 30 DLY 1                  | 62 DLY 1            | 94 MOV P13          | 126 ENDIF            |
| 31 MOV P9                 | 63 MOV P9           | 95 MOV PAUXD        | 127 END              |
| 32 DLY 1                  | 64 MOV P10          | 96 GOTO *CUATRO     |                      |

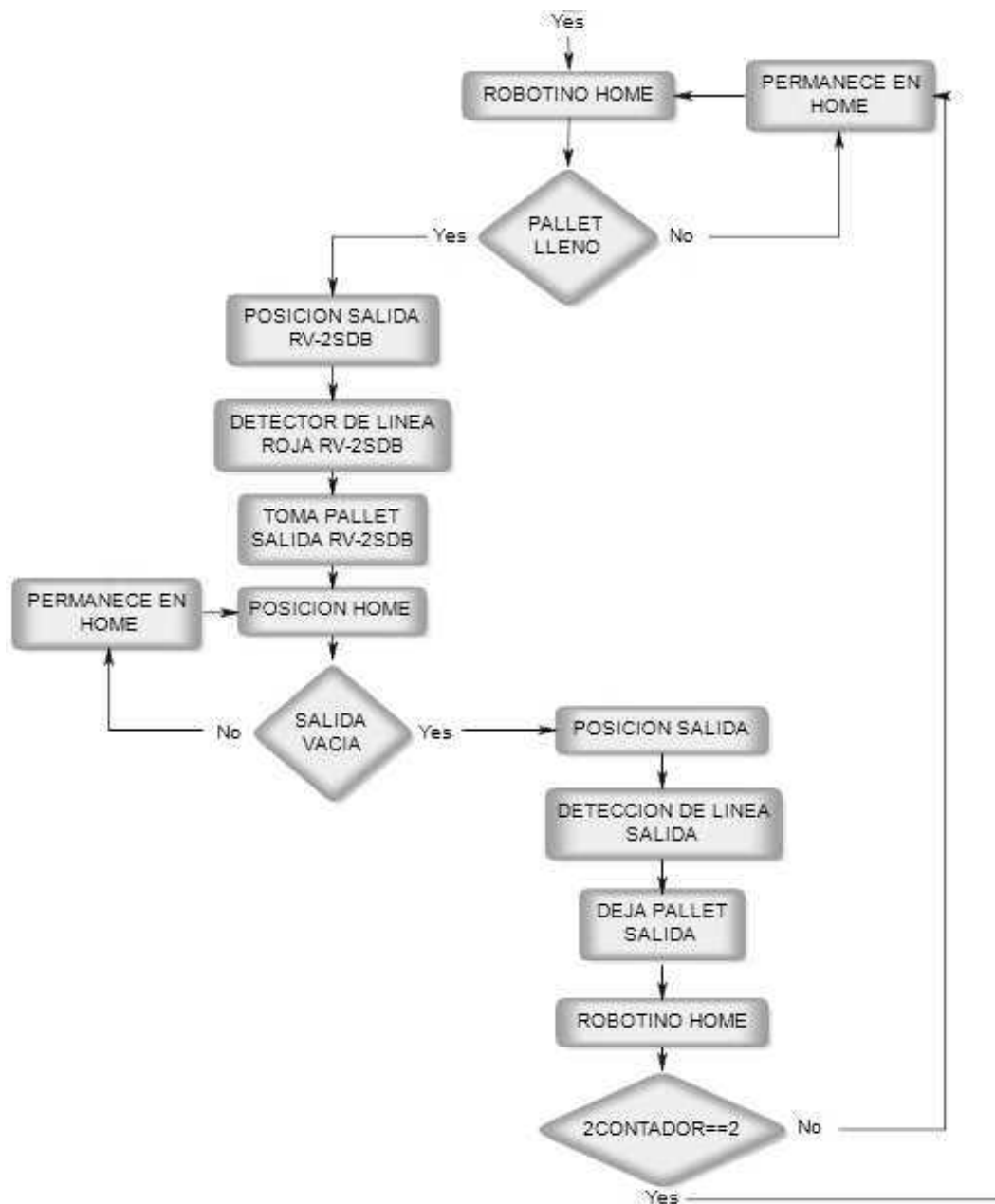
**Figura. 23-2: Programación en Software RT Toolbox2**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

## 2.5.2 Programación ROBOTINO PLUS

El diagrama de flujo que detalla el funcionamiento del programa se observa en el Gráfico 3-2, este consiste en adoptar posiciones, seguir rutas, ejecutar procesamiento de imágenes, y el movimiento de la ampliación.





**Gráfico 3-2: Diagrama del funcionamiento del Robotino**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

El software de programación que se usara en este trabajo de titulación para la programación del Robotino Plus, es Robotino® View 3.1.2.



**Figura. 24-2: Software Robotino® View 3.1.2**

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

En el software de Robotino, se usan bloques de función para la programación, se muestran en una hoja llamada subprograma. Un proyecto de programación puede componerse de una o varias hojas de subprogramas, conectados mediante variables globales en un "Programa principal" presentado en forma de GRAFCET.

El programa principal que desarrollamos para el Robotino plus, tiene 23 subprogramas, algunos similares, diferenciados por sus variables, datos que obtienen o ajustes necesarios para cada ejecución de tarea.

En cuanto a los subprogramas que se ha usado como base para la programación de varios bloques en el programa principal, tenemos el control de posicionamiento del robot, mediante poses predefinidas por el programador, en resumen, es un punto con coordenada en X, coordenada en Y, y orientación Phi dada en grados.

En la Tabla 5-2 a continuación se muestran los valores que se han definido como poses, o puntos que alcanza el robot, dependiendo la tarea que necesita realizar o la orden que debe seguir.

Cada una de las poses se define como una variable global en el programa principal, y se han calculado por medio de odometría, tomando el lugar en donde termina la tarea anterior como punto de origen para la navegación.

**Tabla. 5-2:** Poses de ruta del ROBOTINO PLUS

| <b>Pose \ Componente</b> | <b>X (float)</b> | <b>Y (float)</b> | <b>Phi (float)</b> |
|--------------------------|------------------|------------------|--------------------|
| HOME                     | 0                | 0                | 0                  |
| BODEGAS                  | -306.386         | -737.477         | -176.421           |
| ENTRADA RV2SDB (B1)      | -947.537         | -57.5863         | 178.255            |
| SALIDA RV2SDB (B2)       | 160.52           | -908.91          | 1.473              |
| SALIDA DEL SISTEMA (S1)  | -160.553         | 790.589          | -173.476           |
| B1 - HOME                | -704.027         | 705.784          | -1.37762           |
| B2 - HOME                | -707.025         | 910.059          | -3.55215           |
| S1 - HOME                | -724.172         | 820.039          | 179.186            |

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

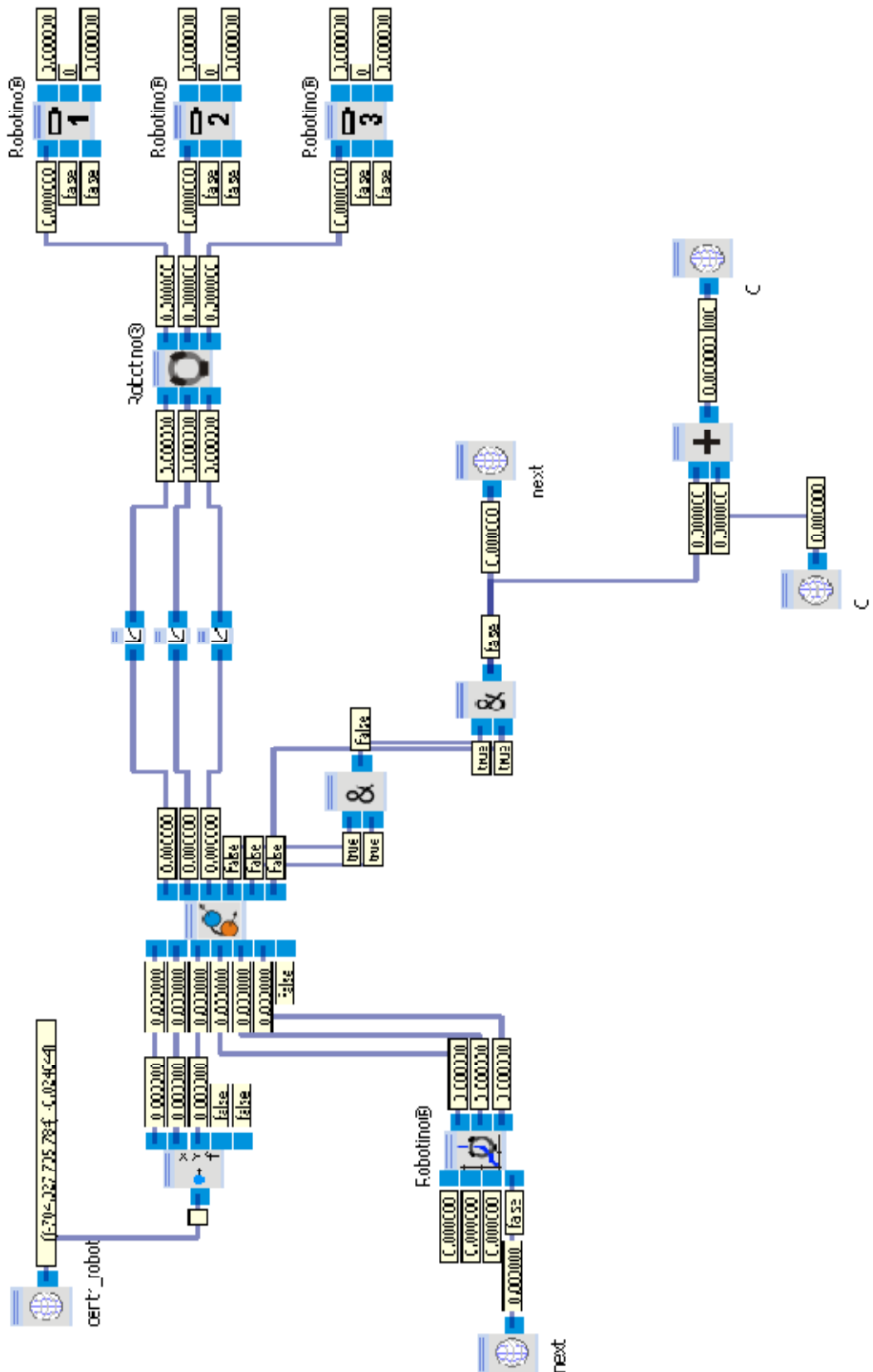
En la Figura 25-2 se muestra el subprograma base usado para el alcance de una pose del Robotino por odometría. Como primer paso para la configuración de la odometría, se ubica al robot en un punto en la superficie de trabajo, la cual es un punto de origen, se coloca en el subprograma el bloque de odometría y se conecta una constante de tipo bool en la entrada reset del bloque, si la constante es verdadera los valores de odometría toman el valor de 0, convirtiéndose este punto en un origen.

Una vez definido un origen, se lleva al robot a la pose de alcance definida, con lo cual podemos calcular su odometría, y definirla constante en las variables globales, después, con la ayuda de un bloque de descomposición de pose, obtenemos por separado los valores de X, Y, y Phi, para el bloque de navegación del robot, en donde se indica que la pose ha sido alcanzada cuando se ubiquen todos sus valores de salida en 0.

Mediante ese mismo bloque de navegación y alcance de pose del robot en el plano, es posible controlar su velocidad tanto lineal como angular, por último, los valores de pose alcanzada nos ayudan a controlar una última variable global en el programa que trabaja como señal de activación para pasar al siguiente bloque de programación.

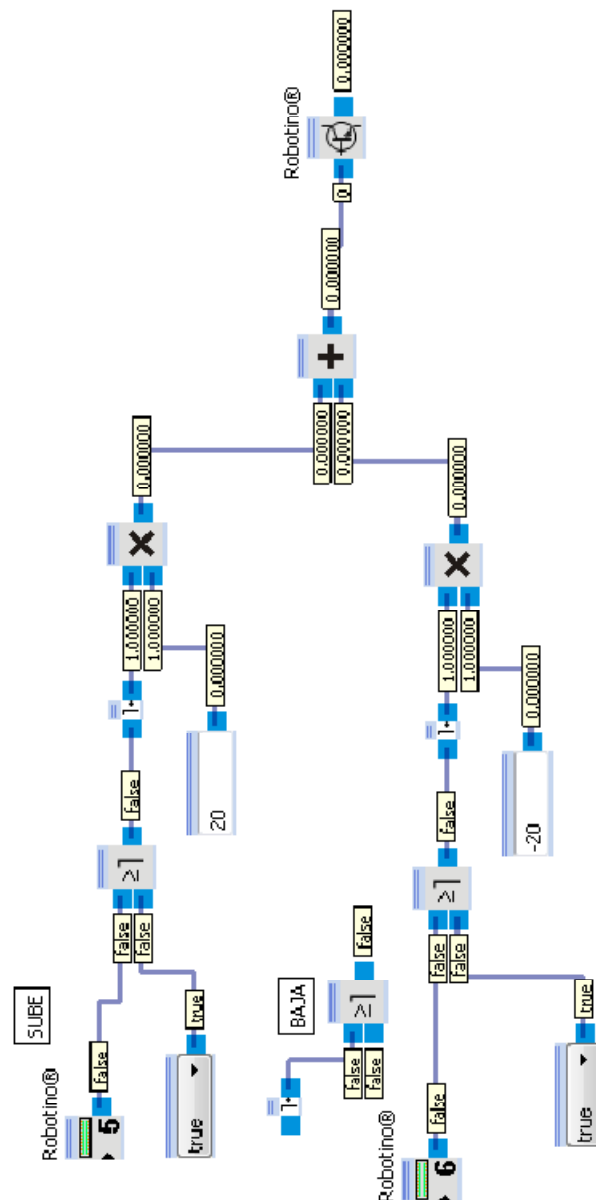
En este caso se ha incorporado una variable C, que funciona como un contador, en caso de que esta instrucción se ejecute varias veces, podemos definir el número de repeticiones que se realiza.





**Figura. 25-2: Subprograma base de alcance de Pose con Odometría**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018



**Figura. 26-2: Subprograma base - control del montacargas**

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018


En la Figura 26-2 se muestra el subprograma base para el control del movimiento del aditamento instalado en el Robotino, con la ayuda de sensores magnéticos como fin de carrera conectados en las entradas digitales 5 y 6 respectivamente del load in bay, los valores constantes se refieren a la velocidad y la dirección del movimiento del montacargas, en nuestro caso 20 para tomar un pallet y -20 para dejar un pallet en una rampa, ya sea del robot RV2SDB o la salida del sistema.

El último bloque es el de salida de potencia que lo encontramos en la carpeta de Ampliaciones E/S de robotinview, encargado del control del puente H en el aditamento.

### 2.5.2.1 Posicionamiento mediante procesamiento de imágenes

El posicionamiento se hace mediante el reconocimiento de las líneas ubicadas con cinta de diferente color frente a cada una de las bodegas, entradas y/o salidas del proceso, para lo cual se recolecta imágenes mediante el bloque cámara y se procesa mediante el bloque detector de línea. La descripción de este bloque se muestra en la Tabla 5-2.

**Tabla. 6-2:** Descripción del bloque de seguidor de línea

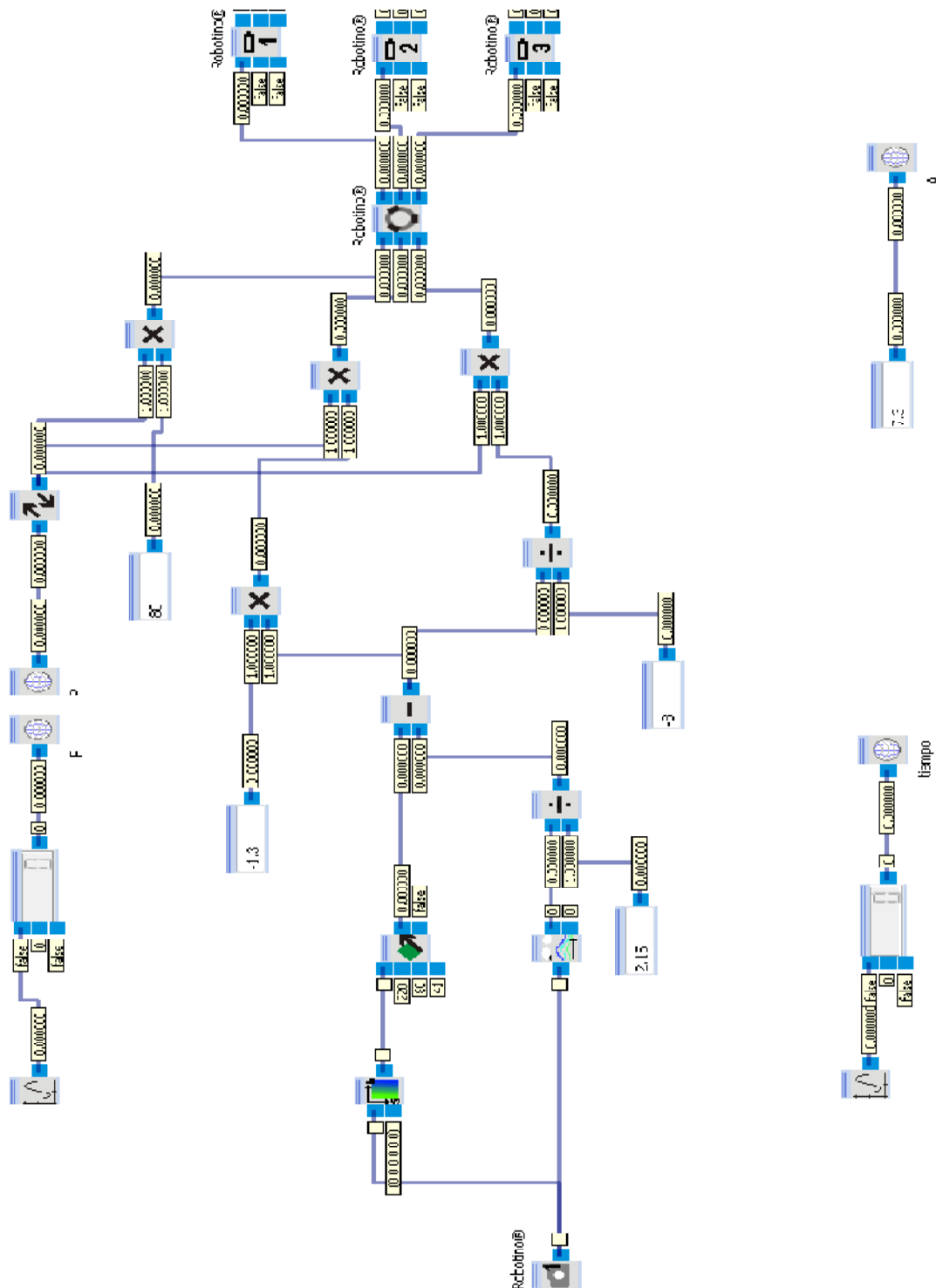
| Entradas            | Tipo   | Descripción   |
|---------------------|--------|---|
| ENTRADA             | Imagen | imagen de entrada   |
| UMBRAL              | Int.   | El umbral define la sensibilidad del algoritmo  |
| INICIO DE BÚSQUEDA. | Int.   | Es la altura de la Imagen para que el algoritmo empiece a buscar.   |
| ALTURA DE BÚSQUEDA  | Int.   | La Imagen es buscada desde abajo hacia arriba para la detección de bordes. El valor límite define el número de líneas buscadas en la Imagen empezando por abajo, más "inicio de la búsqueda" para detectar un segmento en forma de línea. |
| SALIDAS             |        |   |
| X                   | Int.   | Posición x de la línea situada en el borde inferior de la Imagen.   |
| LÍNEA ENCONTRADA    | bool   | Verdadero (true) si se ha hallado una línea. De lo contrario, falso (false).  |
| GRAFICO             | Bloque |   |

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

En el área de la mesa se han enmarcado cinco líneas, dos de color verde, dos de color rojo y una de color negro, para la ejecución del algoritmo y el posterior reconocimiento de la posición correcta sobre la cual el Robotino debe ejecutar determinada ruta.

El algoritmo se encarga de diferenciar las líneas, en caso del color verde el Robotino ubica el punto en donde se enmarcaron las líneas, toma las imágenes mediante el bloque cámara a lo largo de todo el recorrido y de forma simultánea las procesa a través del bloque detector de líneas, cambiándolas a una escala binaria, de esta forma las líneas de gamma RGB cambian a blanco y el resto de la Imagen que también está en gamma RGB cambia a color negro.

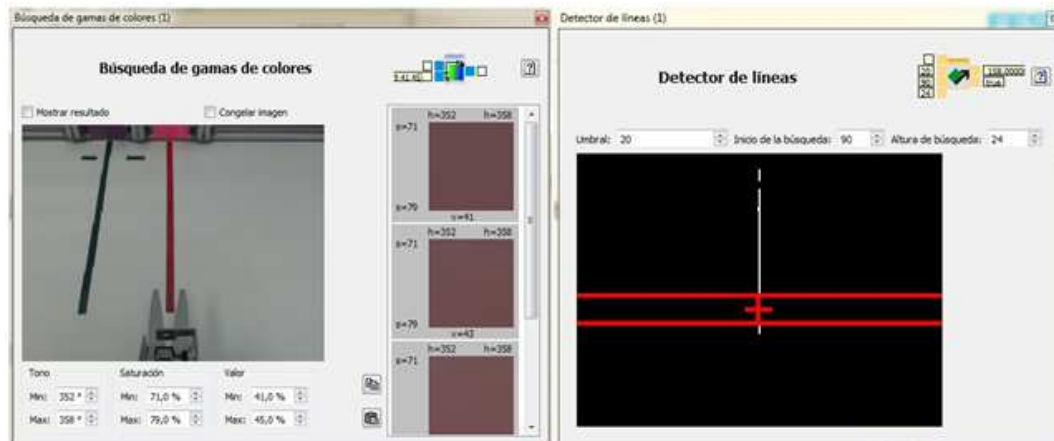
Una vez identificadas las líneas, el bloque de programación ubica el primer pixel de color blanco haciendo un barrido de la Imagen de izquierda a derecha y posterior a esto se controla movimientos del Robotino necesarios para posicionar este pixel en el centro de la Imagen consiguiendo ajustar la trayectoria del robot como se indica en la Figura 28-2.



**Figura. 27-2: Programación del Algoritmo de Procesamiento de imágenes.**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

Para la línea de color rojo las imágenes obtenidas del bloque cámara se procesan con el bloque búsqueda de gama de colores, en donde, establecemos el color deseado mediante el cuadro de dialogo o ingresando manualmente el Tono, Saturación, y Valor del color, convirtiendo a blanco los pixeles de la Imagen resultantes verdaderos en la búsqueda, y negro los demás pixeles, con el fin de eliminar la línea verde del procesamiento. Con el resultado del procesamiento del bloque de búsqueda se vuelve a realizar un proceso igual al seguido para la línea de color verde.



**Figura. 28-2: Búsqueda de la gama de colores para la línea roja y procesamiento.**

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

## 2.6 Diseño y Programación de la HMI

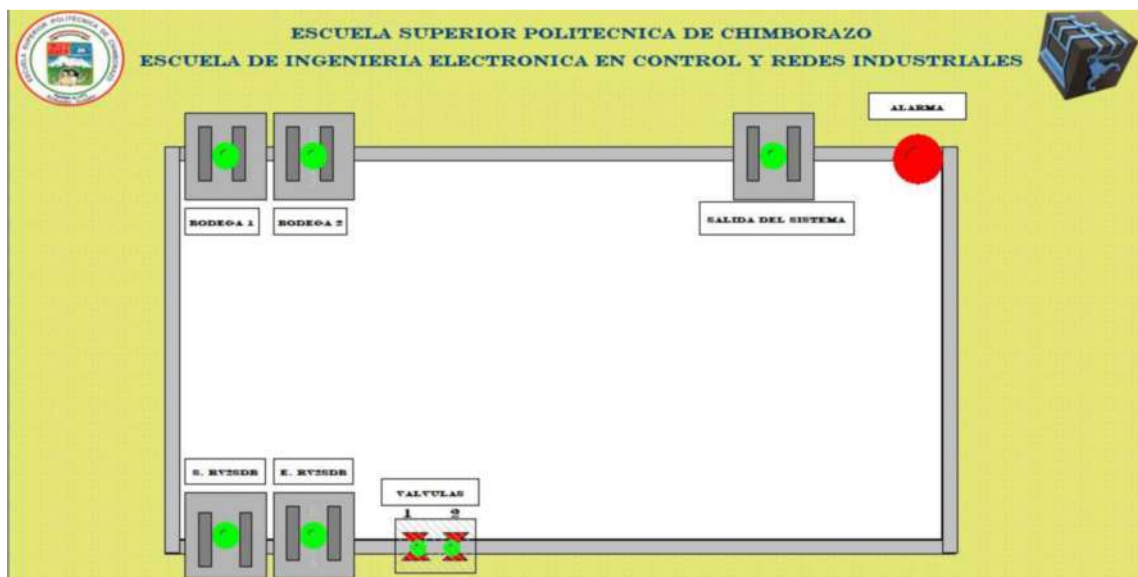
La HMI tiene como objetivo monitorear el sistema instalado alrededor de la mesa de trabajo, esta se diseñó en el entorno easySCADA.



**Figura. 29-2: Software easySCADA**

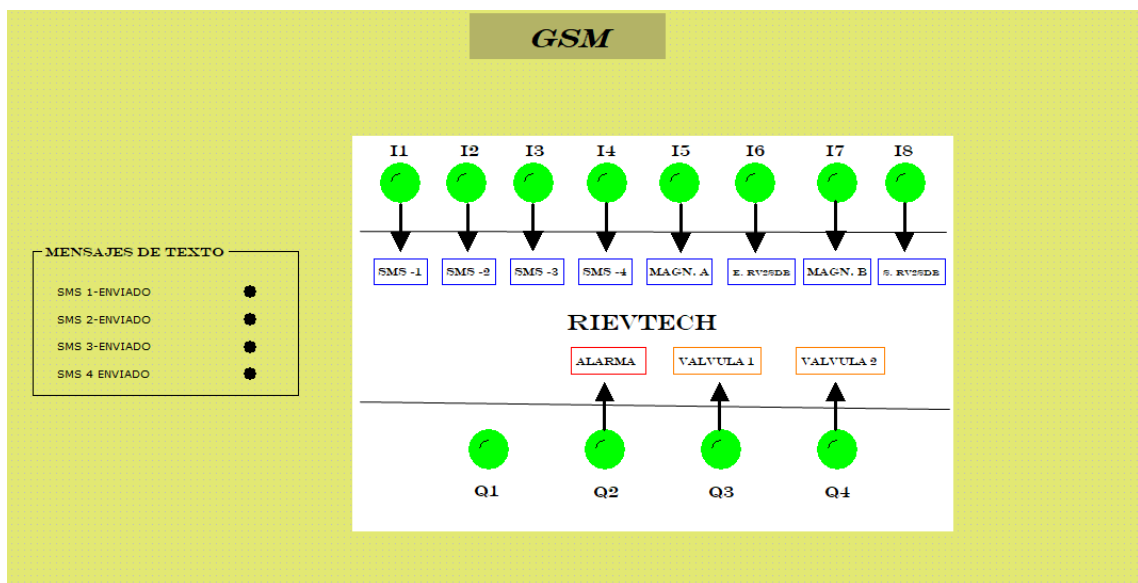
**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

La interfaz está dividida en dos pantallas, una PANTALLA PRINCIPAL que monitorea todo el proceso montado sobre la mesa, sensores, bloque de dos válvulas y el funcionamiento de la alarma y otra pantalla denominada GSM encargada de monitorear el envío de los mensajes de texto.



**Figura. 30-2:Pantalla principal, HMI**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

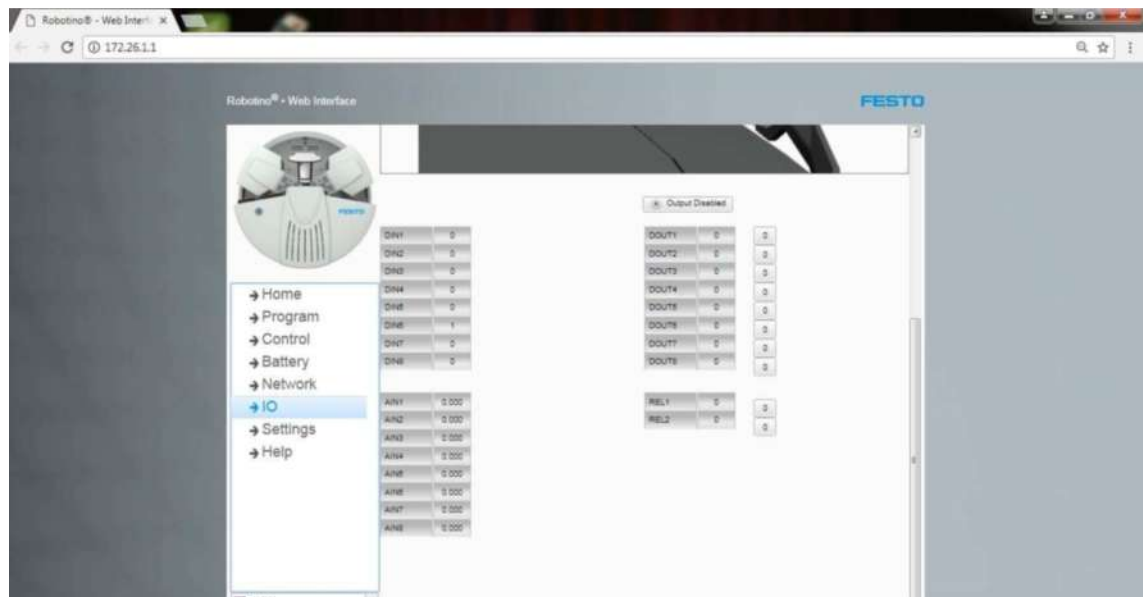


**Figura. 31-2:Pantalla GSM, HMI**

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

## 2.7 Sistemas Adicionales de Monitoreo

Para monitorear la recepción de los mensajes de texto tenemos el Web server propio del Robotino, mismo que se muestra en la Figura 32-2.



**Figura. 32-2:Robotino web Interface**

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

## CAPÍTULO III

### 3 PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 3.1 Introducción

Las pruebas ejecutadas a nuestro proceso están orientadas a determinar la eficiencia del sistema en general, así como de cada uno de los subprocesos involucrados dentro del mismo.

Se han realizado pruebas al funcionamiento de todo el sistema, también se ha determinado el nivel de automatización que este posee, y también se ha puesto a prueba el algoritmo de procesamiento de imágenes sometiéndolo a un ambiente no controlado.

#### 3.2 Prueba de funcionamiento del sistema

En esta prueba se ha puesto en funcionamiento la red en un período de dos horas, y se ha determinado la eficiencia del sistema así como el porcentaje de error que este presenta en el proceso de paletizado. Presentando los resultados mostrados en las tablas.

**Tabla, 1-3:**Número de pallets recogidos de cada bodega.

| Ubicación    | Cant.     |
|--------------|-----------|
| BODEGA 1     | 26        |
| BODEGA 2     | 26        |
| <b>TOTAL</b> | <b>52</b> |

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

**Tabla, 2-3:**Número de pallets colocados en la entrada del Robot RV2SDB

| Descripción  | Cant.     |
|--------------|-----------|
| CORRECTOS    | 51        |
| ERRORES      | 1         |
| <b>TOTAL</b> | <b>52</b> |

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018



**Tabla, 3-2:**Número de pallets colocados en la salida del Robot RV2SDB

| Descripción  | Cant.     |
|--------------|-----------|
| CORRECTOS    | 51        |
| ERRORES      | 1         |
| <b>TOTAL</b> | <b>52</b> |

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

**Tabla, 4-1:**Número de pallets colocados en la Salida de Sistema.

| Descripción  | Cant.     |
|--------------|-----------|
| CORRECTOS    | 51        |
| ERRORES      | 1         |
| <b>TOTAL</b> | <b>52</b> |

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

De los 52 pallets que salieron de las bodegas 51 llegaron llenos a la salida del sistema, mientras que solamente uno tuvo error, y no pudo ser llenado. Presentando una eficiencia en el paletizado del 98.1%.

### 3.3 Nivel de Automatización del Sistema

Con esta prueba se determinará qué porcentaje de todo el sistema es automático, además se determinará la eficiencia del sistema con una prueba chi cuadrada de ajuste de bondad.

Se ha tabulado un compendio de procesos que nos han permitido determinar el nivel de automatización de todo el sistema. En la Tabla 5-3 se muestra las frecuencias observadas, mismas que indican que procesos han sido automatizados y cuáles no pudieron ser automatizados en el sistema general.

**Tabla, 5-3:** Frecuencias observadas del Sistema automático.

| <b>Procesos</b> |  | <b>Manual</b> | <b>Automático</b> |
|-----------------|--|---------------|-------------------|
| 1               | Colocación de pallets en las bodegas   | x             |                   |
| 2               | Toma de pallets de las bodegas   |               | x                 |
| 3               | Transporte de pallets desde las bodega hacia la entrada del robot rv2sdb                   |               | x                 |
| 4               | Colocación de pallets en la entrada del robot rv2sdb                                       |               | x                 |
| 5               | Transporte de pallets desde la entrada del robot rv2sdb hacia la estación del robot RV2SDB |               | x                 |
| 6               | Ubicación de piezas de trabajo sobre la estación de separación                             | x             |                   |
| 7               | Llenado de pallets con piezas de trabajo   |               | x                 |
| 8               | Ubicación de pallets con piezas de trabajo en la salida del robot RV2SDB                   |               | x                 |
| 9               | Toma de pallets de la salida del robot RV2SDB  |               | x                 |
| 10              | Transporte de pallets desde la salida del robot RV2SDB hacia la salida del sistema         |               | x                 |
| 11              | Toma de pallets de la salida del sistema   | x             |                   |
| 12              | Comunicación GSM entre PLC y PLC   |               | x                 |
| 13              | Comunicación entre PLC y Robotino®   |               | x                 |
| 14              | Comunicación entre PLC y HMI   |               | x                 |
| 15              | Accionamiento de válvulas  |               | x                 |
| 16              | Temporizado de rampas  |               | x                 |
| 17              | Indicador de Alarma  |               | x                 |
| 18              | Obtención de imágenes para procesamiento   |               | x                 |
| 19              | Definición de pose en el Robotino®   |               | x                 |
| 20              | Ejecución del algoritmo de posicionamiento mediante el concepto de seguidor de línea       |               | x                 |
| 21              | Inicialización del sistema   | x             |                   |
| 22              | Re inicialización de odometría del Robotino® en el proceso                                 |               | x                 |
| 23              | Ubicación y espera en posición home del Robotino®  |               | x                 |
| 24              | Ubicación y espera en posición home del robot RV2SDB                                       |               | x                 |
| 25              | Detección de pallets   |               | x                 |
| <b>TOTAL</b>    |  | <b>4</b>      | <b>21</b>         |

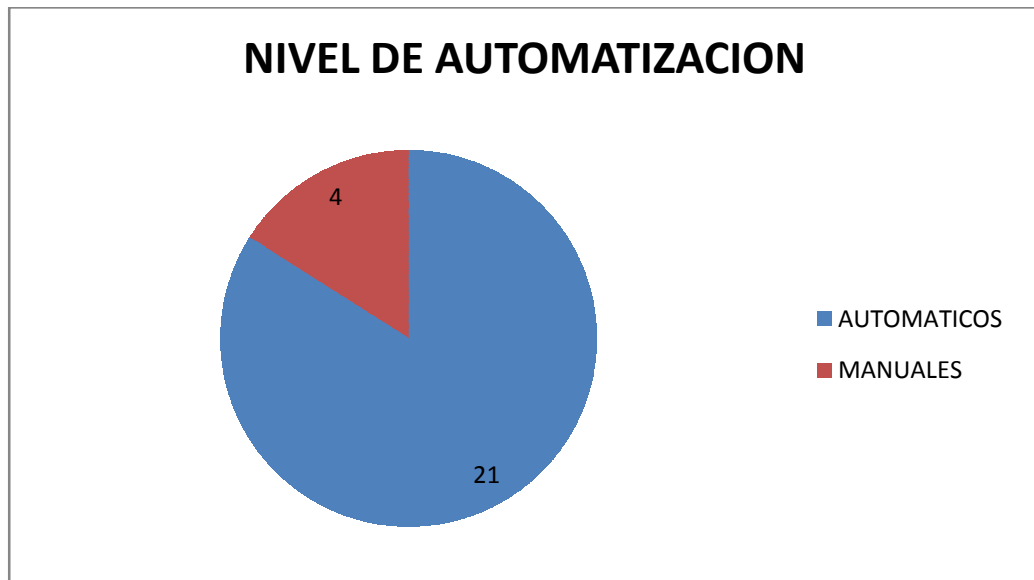
**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

**Tabla, 6-3:** Frecuencias esperadas del sistema automático.

| <b>Procesos</b> |  | <b>Manual</b> | <b>Automático</b> |
|-----------------|--|---------------|-------------------|
| 1               | Colocación de pallets en las bodegas   | x             |                   |
| 2               | Toma de pallets de las bodegas   | x             |                   |
| 3               | Transporte de pallets desde las bodega hacia la entrada del robot rv2sdb                   |               | x                 |
| 4               | Colocación de pallets en la entrada del robot rv2sdb                                       | x             |                   |
| 5               | Transporte de pallets desde la entrada del robot rv2sdb hacia la estación del robot RV2SDB |               | x                 |
| 6               | Ubicación de piezas de trabajo sobre la estación de separación                             | x             |                   |
| 7               | Llenado de pallets con piezas de trabajo   |               | x                 |
| 8               | Ubicación de pallets con piezas de trabajo en la salida del robot RV2SDB                   |               | x                 |
| 9               | Toma de pallets de la salida del robot RV2SDB  | x             |                   |
| 10              | Transporte de pallets desde la salida del robot RV2SDB hacia la salida del sistema         |               | x                 |
| 11              | Toma de pallets de la salida del sistema   | x             |                   |
| 12              | Comunicación GSM entre PLC y PLC   |               | x                 |
| 13              | Comunicación entre PLC y Robotino®   |               | x                 |
| 14              | Comunicación entre PLC y HMI   |               | x                 |
| 15              | Accionamiento de válvulas  | x             |                   |
| 16              | Temporizado de rampas  | x             |                   |
| 17              | Indicador de Alarma  | x             |                   |
| 18              | Obtención de imágenes para procesamiento   |               | x                 |
| 19              | Definición de pose en el Robotino®   | x             |                   |
| 20              | Ejecución del algoritmo de posicionamiento mediante el concepto de seguidor de línea       |               | x                 |
| 21              | Inicialización del sistema   | x             |                   |
| 22              | Re inicialización de odometría del Robotino® en el proceso                                 | x             |                   |
| 23              | Ubicación y espera en posición home del Robotino®  | x             |                   |
| 24              | Ubicación y espera en posición home del robot RV2SDB                                       | x             |                   |
| 25              | Detección de pallets   | x             |                   |
| <b>TOTAL</b>    |  | <b>15</b>     | <b>10</b>         |

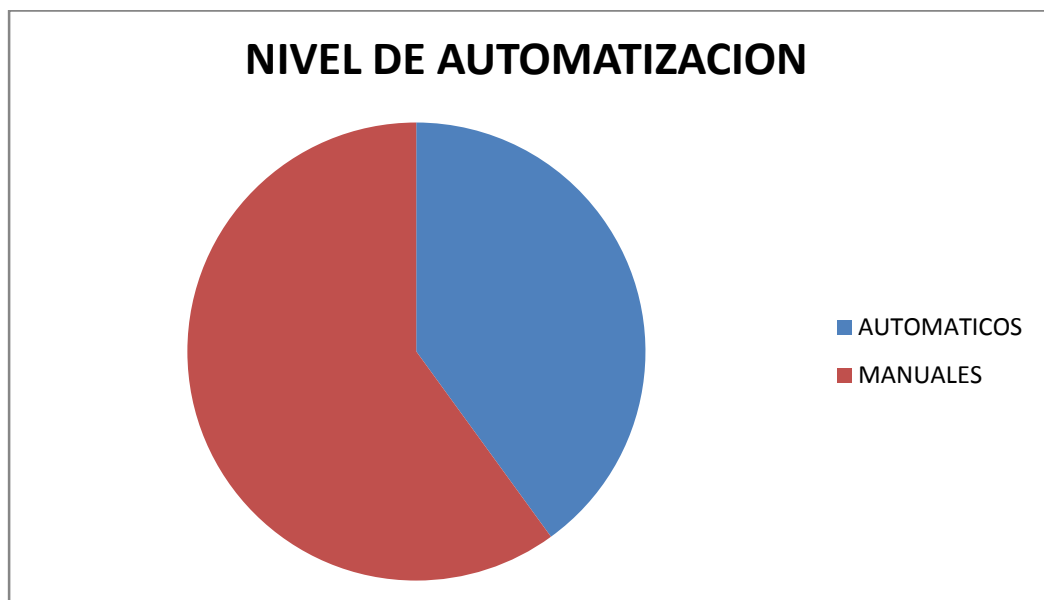
**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

En la Tabla 6-3 se muestra el mismo listado de procesos de la Tabla 5-3 con la diferencia que en esta tabla se indica los procesos que se pueden realizar de forma manual o que se espera que se le aplique algún nivel de automatización. A este conjunto de datos se les denomina frecuencias esperadas.



**Gráfico. 1-3:**Nivel de automatización de los procesos, frecuencias observadas

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018



**Gráfico. 2-3:**Nivel de automatización de los procesos, frecuencias esperadas

**Realizado por:** Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

Para realizar la prueba chi cuadrada de bondad de ajuste, establecemos un nivel de significancia de 0,05 y al existir dos clases los grados de libertad es igual a 1. Entonces planteamos las siguientes hipótesis.

**Hi:** La incorporación de una red GSM dentro del proceso del ROBOTINO PLUS y del robot RV2SDB, mejorará el proceso de paletizado del sistema.

**Ho:** La incorporación de una red GSM dentro del proceso del ROBOTINO PLUS y del robot RV2SDB, no mejorará el proceso de paletizado del sistema.

Según la tabla de CHI cuadrado el valor a comparar es 5,991 para el nivel de significancia y los grados de libertad indicados.

**Tabla, 7-3:**Prueba CHI cuadrada de bondad de ajuste

| PROCESO                       | F.OBSERVADAS | F.ESPERADAS | $\frac{(fo - fe)^2}{fe}$ |
|-------------------------------|--------------|-------------|--------------------------|
| AUTOMATICO                    | 21           | 10          | 12.1                     |
| MANUAL                        | 4            | 15          | 8.0                      |
| $\sum \frac{(fo - fe)^2}{fe}$ |              |             | 20.1                     |

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

Dado que al realizar la prueba CHI cuadrada de ajuste de bondad el valor CHI calculado es igual a 20.1, siendo esta mayor al valor obtenido en la tabla CHI cuadrada de 5.991, por ende aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la hipótesis alternativa, infiriendo que la incorporación de una red GSM en el proceso realizado por el robot RV2SDB y el ROBOTINO PLUS mejorará el proceso de paletizado. Haciendo factible el diseño y montaje de nuestro trabajo de titulación.

### 3.4 Prueba del Algoritmo de procesamiento de imágenes.

Dentro de esta prueba se determinó el error en el posicionamiento del Robotino una vez que este ejecuta el algoritmo de procesamiento de imágenes. Como se sabe el algoritmo se ejecuta una vez que el Robotino ha llegado a la posición inicial de cualquiera de las líneas resaltadas sobre la mesa. Estas líneas tienen una longitud de 45 cm. Pero el recorrido del Robotino es de tan solo 40 cm a lo largo de la línea.

### 3.4.1 Prueba del Algoritmo de procesamiento de imágenes sometido a luz natural.

Se ha sometido al proceso total de la mesa y los robots a un entorno con luz natural obteniendo los porcentajes mostrados en la Tabla 8-3.

**Tabla, 8-3:** Porcentajes de error en el posicionamiento de Robotino con el algoritmo sometido a luz natural

| Distancia del inicio de la línea | % PRUEBA 1 | % PRUEBA 2 | % PRUEBA 3 | % PRUEBA 4 | % PRUEBA 5 |
|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 0 cm                             | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 2 cm                             | 0,125000   | 0,125000   | 0,125000   | 0,125000   | 0,125000   |
| 4 cm                             | 0,160465   | 0,310465   | 0,260465   | 0,335465   | 0,110465   |
| 6 cm                             | 0,172965   | 0,297965   | 0,247965   | 0,347965   | 0,122965   |
| 8 cm                             | 0,160465   | 0,285465   | 0,235465   | 0,335465   | 0,110465   |
| 10 cm                            | 0,147965   | 0,272965   | 0,222965   | 0,310465   | 0,979650   |
| 12 cm                            | 0,135465   | 0,260465   | 0,210465   | 0,297965   | 0,854650   |
| 14 cm                            | 0,122965   | 0,247965   | 0,197965   | 0,285465   | 0,729650   |
| 16 cm                            | 0,110465   | 0,235465   | 0,185465   | 0,272965   | 0,604650   |
| 18 cm                            | 0,979650   | 0,222965   | 0,172965   | 0,247965   | 0,479650   |
| 20 cm                            | 0,854650   | 0,210465   | 0,160465   | 0,235465   | 0,354650   |
| 22 cm                            | 0,729650   | 0,197965   | 0,147965   | 0,222965   | 0,229650   |
| 24 cm                            | 0,604650   | 0,185465   | 0,135465   | 0,210465   | 0,104650   |
| 26 cm                            | 0,479650   | 0,172965   | 0,122965   | 0,197965   | 0,020349   |
| 28 cm                            | 0,354650   | 0,160465   | 0,110465   | 0,185465   | 0,104650   |
| 30 cm                            | 0,229650   | 0,147965   | 0,097965   | 0,172965   | 0,020349   |
| 32 cm                            | 0,104650   | 0,135465   | 0,085465   | 0,160465   | 0,145350   |
| 34 cm                            | 0,020349   | 0,012296   | 0,072965   | 0,147965   | 0,020349   |
| 36 cm                            | 0,104650   | 0,110465   | 0,060465   | 0,135465   | 0,052035   |
| 38 cm                            | 0,020349   | 0,097965   | 0,047965   | 0,122965   | 0,039535   |
| 40 cm                            | 0,145350   | 0,185465   | 0,354650   | 0,110465   | 0,027035   |
| MEDIA (%)                        | 0,274459   | 0,184555   | 0,155024   | 0,212444   | 0,254519   |

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

**Tabla, 9-3:** Porcentajes de error del algoritmo sometido a luz natural

| Pruebas         | Valor    |
|-----------------|----------|
| PRUEBA 1        | 0,274459 |
| PRUEBA 2        | 0,184555 |
| PRUEBA 3        | 0,155024 |
| PRUEBA 4        | 0,212444 |
| PRUEBA 5        | 0,254519 |
| MEDIA TOTAL (%) | 0,216200 |

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

Se determinó que la media total del error en el algoritmo de procesamiento de imágenes para el posicionamiento, sometido a un entorno con luz natural tiene un porcentaje del 0.2162%, el cual es un error despreciable y al no encontrar ningún error en el momento de la ejecución del proceso se determinó que el algoritmo es factible y eficiente.

### 3.4.2 Prueba del Algoritmo de procesamiento de imágenes sometido a luz artificial.

Se sometió el algoritmo a un ambiente controlado con la intención de determinar el porcentaje de error en el posicionamiento como se indica en la Tabla 10-3.

**Tabla, 10-3:** Porcentajes de error en el posicionamiento de Robotino con el algoritmo sometido a luz artificial.

| Distancia del inicio de la línea | % PRUEBA 1 | % PRUEBA 2 | % PRUEBA 3 | % PRUEBA 4 | % PRUEBA 5 |
|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 0 cm                             | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 2 cm                             | 0.025000   | 0.025000   | 0.025000   | 0.025000   | 0.025000   |
| 4 cm                             | 0,048547   | 0,049795   | 0,064535   | 0,020350   | 0,013430   |
| 6 cm                             | 0,049797   | 0,048546   | 0,052035   | 0,145350   | 0,162796   |
| 8 cm                             | 0,148547   | 0,147296   | 0,164535   | 0,020350   | 0,0116280  |
| 10 cm                            | 0,172965   | 0,144796   | 0,152035   | 0,104650   | 0,1627960  |
| 12 cm                            | 0,040465   | 0,043547   | 0,039535   | 0,020350   | 0,0837204  |
| 14 cm                            | 0,143547   | 0,142297   | 0,127035   | 0,104650   | 0,1627960  |
| 16 cm                            | 0,142965   | 0,139795   | 0,114535   | 0,020350   | 0,0837204  |
| 18 cm                            | 0,141046   | 0,385465   | 0,102035   | 0,104650   | 0,1627960  |
| 20 cm                            | 0,139796   | 0,372965   | 0,089535   | 0,020350   | 0,0837204  |
| 22 cm                            | 0,037296   | 0,360465   | 0,077035   | 0,104650   | 0,1627960  |
| 24 cm                            | 0,016045   | 0,034790   | 0,064535   | 0,020350   | 0,0837204  |
| 26 cm                            | 0,033546   | 0,032295   | 0,052035   | 0,104650   | 0,1627960  |
| 28 cm                            | 0,132296   | 0,310465   | 0,064535   | 0,020350   | 0,0837204  |
| 30 cm                            | 0,131046   | 0,297965   | 0,520350   | 0,104650   | 0,1627960  |
| 32 cm                            | 0,129796   | 0,272965   | 0,395350   | 0,020350   | 0,0837204  |
| 34 cm                            | 0,285465   | 0,247965   | 0,270350   | 0,145350   | 0,1627960  |
| 36 cm                            | 0,272965   | 0,235465   | 0,145350   | 0,145350   | 0,1162800  |
| 38 cm                            | 0,126046   | 0,222965   | 0,020349   | 0,020350   | 0,0148450  |
| 40 cm                            | 0,124796   | 0,210465   | 0,145350   | 0,104650   | 0,1387200  |
| MEDIA                            | 0,1158485  | 0,1850153  | 0,1330527  | 0,0675873  | 0,1049797  |

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

**Tabla, 11-3:** Porcentajes de error del algoritmo sometido a luz artificial

| Pruebas         | Valores   |
|-----------------|-----------|
| PRUEBA 1        | 0,1158485 |
| PRUEBA 2        | 0,1850153 |
| PRUEBA 3        | 0,1330527 |
| PRUEBA 4        | 0,0675873 |
| PRUEBA 5        | 0,1049797 |
| MEDIA TOTAL (%) | 0,1212967 |

Realizado por: Sandoval, Rodrigo; Sánchez, Samantha; 2018

Se determinó que la media total del error en el algoritmo de procesamiento de imágenes para el posicionamiento, sometido a un entorno con luz artificial tiene un porcentaje del 0.1212967%, el cual es un error despreciable y al no encontrar ningún error en el momento de la ejecución del proceso se determinó que el algoritmo es factible y eficiente.

Dado que bajo los dos entornos de prueba el algoritmo de posicionamiento del Robotino se ejecutó de forma correcta y al haber obtenido errores casi despreciables. Inferimos que el algoritmo es óptimo en su diseño.



### **3.4.3 Prueba de Funcionamiento según el nivel de batería del Robotino**

- Al realizar una prueba de duración de batería, se logró identificar que el proceso está apta para un total de 12 horas de trabajo consecutivas.
- Se determinó que para niveles inferiores al 15 % por ciento del nivel de batería el Robotino empieza a presentar dificultades a la hora de ejecutar una tarea o incluso presenta problemas de conectividad con el web server o el monitoreo por PC.
- Las baterías necesitan un periodo de 4 horas para llegar al cien por ciento de su nivel de carga.

## CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó con éxito una red de comunicación M2M, que integra el proceso de paletizado del robot RV2SDB y el Robotino Plus, incorporando un sistema de posicionamiento del Robotino Plus, mediante procesamiento de imágenes, sobre una mesa de trabajo de 2,5 por 2,5 metros de área.
- El transporte de pallets requiere el envío de datos de los sensores instalados alrededor de la mesa de trabajo al PLC emisor, disponibilidad de comunicación GSM entre PLC's, el uso del sensor ubicado en el efector final del robot RV2SDB, y la completa movilidad del Robotino además del correcto funcionamiento del algoritmo de procesamiento de imágenes.
- Se integró correctamente el Robotino plus con el proceso que incluye al robot RV2SDB mediante un sistema de comunicación GSM entre dos PLC's Rievtech, el primero ubicado en el tablero de control actuando como emisor y el segundo ubicado sobre el Robotino plus actuando como receptor.
- El robot RV2SDB llena los pallets usando un sistema de posiciones pre-programadas, mediante el software RT Toolbox2, idéntico a los procesos de automatización usados en la industria.
- El posicionamiento del Robotino plus sobre la mesa de trabajo, se lo hace mediante un algoritmo de procesamiento de imágenes básico, en el que el Robotino ubica y captura las imágenes de las líneas enmarcadas sobre la superficie y determina la ruta hacia los distintos puntos planificados.
- Se diseñó e implementó con éxito un sistema de trayectorias del Robotino Plus que le permite desplazarse correctamente sobre la mesa de trabajo, cumpliendo sus tareas adecuadamente.
- El diseño del HMI se realizó en la interfaz propia de la marca del PLC, easyScada, misma que permite monitorear el funcionamiento del tablero de control, así como el envío de los mensajes de texto. Adjunto al sistema de monitoreo está el Web Server propio del Robotino, mismo que nos permite monitorear la recepción de los mensajes de texto.

## RECOMENDACIONES

- Para el correcto funcionamiento de la red M2M y para que exista la correspondiente comunicación GSM es necesario tener en cuenta la disponibilidad de mensajes de texto en el chip de la operadora.
- Tener en cuenta que el ROBOTINO es un robot móvil diseñado para ejecutar tareas sobre superficies planas. La irregularidad en la superficie de trabajo presenta una de las dificultades más importantes a la hora de ejecutar una tarea.
- Después de realizada la carga del ROBOTINO es necesario considerar que hay que desconectar el cargador primero del conector ubicado en la carcasa del Robotino y después de la fuente, caso contrario las baterías del Robotino se descargarán por medio del cargador.
- Analizar los requerimientos del sistema específico que se va a implementar y su campo de aplicación, para escoger dispositivos de comunicación y protocolos eficientes, evitando dificultades en la realización de tareas o desperdicio de recursos.

## BIBLIOGRAFIA

© **2018 - WONDERWARE SPAIN**, ¿Qué es HMI? - WonderWare. <http://www.wonderware.es> [en línea]. 2018. [Consulta: 19 abril 2018]. Disponible en: <http://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-hmi/>.

© **2018 FESTO**, Robotino® View - Programación - Robotino® - Servicios - Festo Didactic. *festo-didactic* [en línea]. 2018. [Consulta: 18 abril 2018]. Disponible en: <http://www.festo-didactic.com/int-es/servicios/robotino/programacion/robotino-view/?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4zNC4xNDI2>.

**4MELFA-BASIC IV**, Detailed explanation of command words. [en línea], pp. 126-242. 2010. [Consulta: 19 abril 2018]. Disponible en: [https://f1.hs-hannover.de/fileadmin/media/doc/intranet/f1/emt/IRO/Versuchsbeschreibungen/Befehlsuebersicht\\_MB4.pdf](https://f1.hs-hannover.de/fileadmin/media/doc/intranet/f1/emt/IRO/Versuchsbeschreibungen/Befehlsuebersicht_MB4.pdf).

**AGENCIA NACIONAL DE TRÁNSITO DEL ECUADOR**, Plataforma Tecnológica - Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador - ANT. *ant.gob.ec* [en línea]. 2014. [Consulta: 9 abril 2018]. Disponible en: <https://www.ant.gob.ec/index.php/transporte-seguro/308-plataforma-tecnologica#.WsueUC7wbIU>.

**BLIESENER, Monika, WEBER, Ralph-Christoph, KARRAS, Ulrich, ZITZMANN, Dirk, KATHMANN, Thomas y SCHWARZENBERGER, Doris**, Utilización prevista y convenida. [en línea], 2011. [Consulta: 17 abril 2018]. Disponible en: [http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/548606\\_leseprobe\\_es.pdf](http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/548606_leseprobe_es.pdf).

**CCM BENCHMARK**, Estándar GSM (Sistema global de comunicaciones móviles). *es.ccm.net* [en línea]. 2015. [Consulta: 17 abril 2018]. Disponible en: <https://es.ccm.net/contents/681-estandar-gsm-sistema-global-de-comunicaciones-moviles>.

**GONZALEZ LUNA, David**, Telefonía Celular. *calameo* [en línea]. 2015.S.l.: [Consulta: 17 abril 2018]. Disponible en: <https://es.calameo.com/read/00044654545e28cd3b109>.

**H22-SOLUCIONES**, Desarrollo de Aplicaciones M2M. *H22-Soluciones.com* [en línea]. 2017. [Consulta: 15 abril 2018]. Disponible en: <https://www.h22-soluciones.com/tecnologias/aplicaciones-m2m/>.

**HENRÍQUEZ, I.** "M2M, El valor del dato". *bspreviews*[en línea], 2014, p.57. [Consulta: 08 abril 2018]. Disponible en: <http://www.neoris.com/files/2015/Articulo%20M2M%20-%20Manuel%20Henriquez.pdf>

**INTRAVE.COM INDUSTRIAL AUTOMATION**, ¿Qué es y para qué sirve un PLC? – Intrave.com Industrial Automation. *WORDPRESS.COM* [en línea]. 2015. [Consulta: 20 abril 2018]. Disponible en: <https://intrave.wordpress.com/2015/02/20/para-que-sirve-un-plc/>.

**MASTER MAGAZINE**, Definición de GSM - Significado y definición de GSM. *mastermagazine.info* [en línea]. 2016. [Consulta: 17 abril 2018]. Disponible en: <https://www.mastermagazine.info/termino/5188.php>.

**RASTREO DIRECTO SATELITAL**, Rastreo Directo Satelital | Servicios M2M. *rastreodirecto.com* [en línea]. 2018. [Consulta: 16 abril 2018]. Disponible en: [http://rastreodirecto.com/?page\\_id=59](http://rastreodirecto.com/?page_id=59).

**RODRÍGUEZ V, Patricio.** Diseño de Interfaces Hombre - Máquina (HMI). *Instituto de Electricidad y Electrónica – Universidad Austral de Chile* [en línea], 2013 pp. 1-3. [Consulta: 19 abril 2018]. Disponible en: <https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/619/620/621/3620.pdf>.

**SERVICIO INTEGRADO DE SEGURIDAD ECU 911**, Transporte Seguro (ANT). *ecu911.gob.ec* [en línea]. 2014. [Consulta: 9 abril 2018]. Disponible en: <http://www.ecu911.gob.ec/transporte-seguro/>.

*Stars & cars : Mercedes Motossport-Magazin* [en línea], S.l.: Daimler Chrysler AG. 1995. [Consulta: 16 abril 2018]. Disponible en: [https://www.tendencias21.net/telefonica/Que-es-la-comunicacion-M2M\\_a801.html](https://www.tendencias21.net/telefonica/Que-es-la-comunicacion-M2M_a801.html).

**TECNOLOGÍAS DE LA AUTOMATIZACIÓN**, ESTACION ROBOTIZADA CON SISTEMA DE VISION ARTIFICIAL Mod. RV3/EV. *ELETTRONICA VENETA S.P.A.* [en línea], 2012.pp. 7-11. [Consulta: 19 abril 2018]. Disponible en: <http://www.inducontrol.com.pe/images/pdf/automatizacion/estacion-robotizada.pdf>.

**UST GLOBAL**, Servicios y tecnologías de la información. *LinkedIn* [en línea]. 2017. [Consulta: 9 abril 2018]. Disponible en: <https://ec.linkedin.com/company/tcp>.

**VALLES MAC, Patrico**, MICRO AUTÓMATAS INNOVADORA SOLUCIÓN DE TELEMETRÍA. *MAUXA SYSTEMS* [en línea], 2009.pp. 2-5. [Consulta: 20 abril 2018]. Disponible en: [http://www.mauxa.cat/files/CATALOGO\\_RESUMIDO\\_MICRO\\_AUTOMATAS.pdf](http://www.mauxa.cat/files/CATALOGO_RESUMIDO_MICRO_AUTOMATAS.pdf).

**WAMTECH**, Comunicación «Machine-to-Machine» (M2M). *Revista Electroindustria - Microbyte Ltda.* [en línea], 2017. [Consulta: 16 abril 2018]. Disponible en: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3083&xit=comunicacion-machine-to-machine-40m2m41>.

**WEBER, Ralph-Christoph, BELLENBERG, Markus y SCHWARZENBERGER, Doris**, Robotino Manual. © *Festo Didactic GmbH & Co* [en línea], 2010.no. 544305. [Consulta: 18 abril 2018]. Disponible en: [http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/544305\\_robotino\\_esfr2.pdf](http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/544305_robotino_esfr2.pdf).